

THESIS

MUNICH

1966

PAUL J. HARRIS MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

**Kritische Betrachtungen zur röntgenologischen
Kontrast-Diagnose bei occulten
dysraphischen Fehlbildungen des Marks
und seiner Wurzeln unter besonderer
Berücksichtigung der orthopädischen Interessen**

WOLFGANG KÜSSWETTER

Aus der Orthopädischen Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. M. Lange

KRITISCHE BETRACHTUNGEN ZUR RÖNTGENOLOGISCHEN
KONTRAST-DIAGNOSE BEI OCCULTEN DYSRAPHISCHEN FEHL-
BILDUNGEN DES MARKS UND SEINER WURZELN
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER ORTHOPÄDISCHEN INTERESSEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Wolfgang Küßwetter
aus München

München 1966

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Priv. Doz. Dr. G. GLOGOWSKI
Korreferent: Prof. Dr. M. LANGE
Dekan: Prof. Dr. R. ZENKER

Tag der mündlichen Prüfung: 5. 7. 1966

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154016_0076

Herrn Priv. Doz. Dr. G. Glogowski danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Max Lange, der das Referat liebenswürdigerweise übernommen hat, bin ich zu großem Dank verpflichtet.

Herrn Priv. Doz. Dr. E. Hipp danke ich für die Überlassung von Myelogrammen.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung und Problemstellung	5
2. Historischer Überblick über die Myelographie	6
3. Die Technik der Kontrastverfahren mit den heute verwendeten Kontrastmitteln	8
4. Diskussion der Techniken, der verwendeten Kontrastmittelmengen, sowie der Nebenerscheinungen und Nachwirkungen, die die verschiedenen Kontrastmittel verursachen	17
5. Pathologische Anatomie der dysraphischen Mißbildungen des Rückenmarks, seiner Wurzeln und Hüllen	28
6. Symptomatologie der occulten dysraphischen Störungen in den lumbosacralen Segmenten	38
7. Demonstration von krankhaften Befunden bei der Röntgenkontrastdarstellung	45
8. Diskussion der diagnostischen Bedeutung; therapeutische Hinweise aus der Literatur und literarische Kasuistik	51
9. Die orthopädischen Interessen an den occulten dysraphischen Fehlbildungen der lumbosacralen Segmente und an der röntgenologischen Kontrastdiagnose	58
10. Zusammenfassung	65
11. Literatur	66

1. Einleitung

Die Diagnostik occulter spinaler Fehlbildungen hat in der Orthopädie zunehmende Bedeutung erlangt, seit ein ursächlicher Zusammenhang zwischen diesen Fehlbildungen und dem Kreuz- und Ischiasschmerz einerseits und Fußdeformitäten andererseits erkannt worden ist. Leider ist es viel zu wenig bekannt, daß es röntgenologische Untersuchungsmethoden gibt, die eine zeitraubende, vergebliche Behandlung ohne exakte diagnostische Begründung ersparen können. Wir haben uns daher die Aufgabe gestellt, hier die aktuellen diagnostischen Verfahren zu umreißen und ihre Auswirkung für die Therapie von Störungen im Sinne des Kreuzschmerzes und neurologischer Ausfälle an der unteren Extremität abzuhandeln.

2. Historischer Überblick über die Myelographie

KRAUSE und SIMONS unternahmen 1912 erstmals Versuche zur Kontrastdarstellung des Wirbelkanals. Als Kontrastmittel diente 5%iges Collargol, wovon 10-20 ml in den Subarachnoidalraum injiziert wurden. Wegen stärkerer Reaktionen wurde dieses Verfahren bald wieder fallen gelassen.

DANDY entwickelte 1919 die Luftencephalographie und versuchte 1923 und 1925 die Myelographie mit Luft. Das negative Kontrastmittel Luft genügte diagnostisch nicht völlig.

SICARD und FORESTIER führten 1922 das positive Kontrastmittel Lipiodol zur Untersuchung des Rückenmarkkanals ein. Lipiodol ist ein Jodadditionsprodukt an Mohnöl. Wegen der wesentlich besseren diagnostischen Ergebnisse verdrängte diese Methode die Luftmyelographie fast völlig. Bald zeigten sich aber unangenehme Begleiterscheinungen, vor allem meningische Erscheinungen, Arachnoiditiden, Granulombildungen der Rückenmarkshäute, sowie hartnäckige kausalgische Beschwerden. Das hatte zur Folge, daß man mit der Lipiodolmyelographie sehr zurückhaltend wurde.

ARNELL und LIDSTRÖM ersetzten 1931 Jodöl durch Abrodil, ein wasserlösliches und resorbierbares Kontrastmittel, nachdem ARNELL 1930 - 31 eine Anzahl vorbereitender Experimente mit Potassiumjodid und Abrodil (Sodiummonoiodomethylsulfonyl) durchgeführt hatte. Gleichzeitig arbeitete VIVIANI mit seinen Mitarbeitern an dem gleichen Problem in Tierversuchen. Da sich aber auch dieses wasserlösliche Kontrastmittel als nicht harmlos erwies, erfuhr das Verfahren der Abrodilmyelographie zunächst keine Verbreitung.

LÖHR und JACOBI verwendeten 1932 Thorotrast (Thoriumdioxid), ein wasserlösliches Kontrastmittel, als Kontrastsubstanz. Heute findet dieses Kontrastmittel keine Verwendung mehr, nachdem seine Radioaktivität und seine Fähigkeit Sarkome zu bilden bekannt sind.

Die weitere Entwicklung der myelographischen Untersuchungsmethoden wurde durch die Entdeckung des Bandscheibenprolapses als eine Ursache des Lumbago-Ischiassyndroms sehr gefördert. Nachdem zunächst die Lipiodolmyelographie und die Luftmyelographie wieder aufgegriffen und die Lipiodolmyelographie wegen Begleit- und Folgeerscheinungen, die Luftmyelographie wegen der unbefriedigenden diagnostischen Ergebnisse wieder verworfen worden waren, griff LINDBLOM die Myelographie mit wasserlöslichen Jodverbindungen 1944 wieder auf. Durch Modifikation der Technik verhalf er dieser Methode zum Erfolg. Seitdem wird dieses Myelographieverfahren allgemein zur Diagnose von Diskushernien verwendet.

Die unangenehmen Erfahrungen, die man bei der Lipiodolmyelographie mit den hochviskösen, jodierten Mohnölen gemacht hatte, schränkte die Verwendung dieser diagnostisch so wertvollen Kontrastmittel ziemlich ein. Man suchte eine Kontrastsubstanz, die zwar die diagnostische Qualität, nicht aber die schädlichen Nebenwirkungen und Nachteile der schweren jodierten hochviskösen Öle haben sollte. Auf der Suche nach einem solchen Kontrastmittel entwickelten 1944 RAMSEY, FRENCH, und STRAIN das Pantopaque (Ethyljodophenylundecyclat), ein Kontrastmittel, das wie die anderen jodierten Öle gebraucht wird, jedoch dünnflüssiger als die hochviskösen jodierten Mohnöle ist und ohne Gefahr in größeren Mengen verwendet werden kann.

3. Die Technik der Kontrastverfahren mit den heute verwendeten Kontrastmitteln

Die Myelographie hat heute bei der Diagnostik von intraspinalen Tumoren und von Diskushernien ihren unbestrittenen Platz. Aber auch zur Feststellung der occulteren Formen der spinalen Dysraphie wurde in den letzten Jahren mehr und mehr die Myelographie herangezogen. Bestimmend hierfür ist die Tatsache, daß durch Übersichtsröntgenaufnahmen der Wirbelsäule und auch durch die Tomographie allein eine Reihe der bei Spina bifida occulta innerhalb des Spinalkanals möglichen Anomalien nicht zu diagnostizieren sind.

Viele Kontrastmittel wurden im Lauf der Zeit zur Darstellung des Spinalkanals bzw. des intraspinalen Duralsackes verwendet. Von ihnen haben sich nur einige auf die Dauer bewährt. Schädigungen des Rückenmarkes, der Meningen, oder auch des Gesamtorganismus, die teils unmittelbar nach der Myelographie, teils einige Zeit danach beobachtet wurden, waren der Grund dafür, daß einige Kontrastmittel nicht mehr verwendet werden konnten. Allgemeine Anwendung finden heute Myelographiemethoden mit schweren jodierten Ölen und mit wasserlöslichen Kontrastmitteln. Neben diesen positiven Kontrastsubstanzen werden auch Gase als negative Kontrastmittel verwendet.

Zur Aufklärung feiner intraduraler Strukturen leistet dabei die zusätzliche Tomographie wertvolle Hilfe.

Die Myelographie mit schweren jodierten Ölen

Zu den schweren jodierten Ölen gehören Lipiodol und seine verwandten Präparate, ebenso das weitverbreitete Kontrastmittel Pantopaque.

Die Lipiodol - Myelographie

Als Markenpräparate sind das Oleum papaveris jodatum, das Lipiodol, das Neo-Jodipin und das Jodipin bekannt. Es handelt sich ausschließlich um Jodadditionsprodukte an fette Öle. Im Jodipin befindet sich Sesamöl als fettes Öl, in den übrigen Mohnöl. Die allein schattengebende Substanz dieser Kontrastmittel ist Jod, es macht im Lipiodol 40 % des Gewichtes oder 54 Zentigramm pro ml aus.

Technik:

Der Patient kann ohne Prämedikation und ohne nüchtern zu sein untersucht werden. Die Untersuchung mit den erwähnten Kontrastmitteln erfolgt ausschließlich nach Injektion des Öls in die Cisterna cerebello-medullaris in cranio-caudaler Richtung. Das Kontrastmittel wird suboccipital nach Lokalanästhesie stets am sitzenden Patienten injiziert. Für diesen Eingriff schlägt WELLAUER einen fahrbaren Lehnstuhl vor, der für den punktierenden Arzt bessere Zugänglichkeit und leichtere Einstellung des am Stuhl fixierten Patienten für die anzuschließenden Röntgenaufnahmen bietet.

Bei der descendierenden Myelographie mit jodierten Ölen arbeitet man heute mit sehr kleinen Mengen dieser Kontrastmittel. Die Erkenntnisse über die Arachnoiditis nach Lipiodoleinwirkung lassen eine Kontrastmittelmenge von mehr als 1,0 ml als nicht ratsam erscheinen. Vor der Injektion hat sich der punktierende Arzt zu versichern, ob die Kanüle gut im Liquorraum liegt, was an einem ungehinderten Aspirieren des Liquors aus der Punktionsnadel zu erkennen ist. Der so gewonnene cisternale Liquor kann zur cytologisch-chemischen Untersuchung verwendet werden. Das hochvisköse Öl kann nur durch stärkeren Fingerdruck auf den Spritzenstempel durch den dünnen Nadelkanal injiziert werden. Das eingebrachte Kontrastmittel fließt von der Cisterna cerebello-medullaris intradural im Spinalkanal nach unten, zeigt dabei dessen Durchgängigkeit oder Verlegung und zeichnet unter Umständen seine

seitlichen Wände an. Nach geglückter Injektion werden sofort Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule angeschlossen. Der Patient wird auf dem fahrbaren strahlendurchlässigen Lehnstuhl sitzend an ein Wandstativ gebracht. Zur Orientierung soll zunächst eine a.p.-Aufnahme der Halswirbelsäule und dann der Brustwirbelsäule angefertigt werden. Zeigen diese Aufnahmen einen Stop des injizierten Kontrastmittels auf irgend einer Höhe, so sind seitliche Aufnahmen dieses Bereiches herzustellen. Falls im Halswirbelsäulen- und Brustwirbelsäulen-Bereich kein Kontrastmittel zu entdecken ist, ist eine Übersichtsaufnahme der Lendenwirbelsäule anzuschließen, da das Kontrastmittel in diesem Abschnitt möglicherweise einen Stop erfahren hat. Sonst befindet es sich im Conus terminalis des Duralsackes, was die freie Durchgängigkeit des Subduralraumes für den Kontraststoff von cervical bis sacral beweist. Damit ist die Untersuchung beendet. Haben die Aufnahmen einen Befund ergeben, so wird die Stelle außen am Rücken des Patienten durch eine Bleimarke markiert und mit einer Kontrollaufnahme dokumentiert, daß ihre Lage tatsächlich mit dem Niveau des vom Kontrastmittel angezeigten Defektes im Spinalkanal übereinstimmt.

Die Pantopaque - Myelographie

Chemisch gesehen handelt es sich beim Pantopaque um einen Aethyl-Jodophenylester, welcher 30,5 % Jod enthält. Im Molekül befindet sich nur 1 Jodatome, es handelt sich also um eine monojodierte Verbindung. Sie besitzt eine hohe Viskosität, ist von öligem Beschaffenheit, nicht wasserlöslich und trotzdem ziemlich dünnflüssig, sodaß sie nach der myelographischen Untersuchung wieder entfernt werden kann. Schattengebendes Element ist das Jod. Durch das an die ölige Salzlösung gebundene Jodatome erhöht sich das spezifische Gewicht der Lösung auf 1,26 bei 20° C, wodurch das ölige Kontrastmittel hyperbar wird und im Liquor absinkt. (Spezifisches Gewicht des Liquors 1,006 - 1,008).

Technik:

Pantopaque kann sowohl lumbal wie cisternal injiziert werden. Für die Röntgenuntersuchung ist ein Kipptisch mit einer Durchleuchtungsvorrichtung notwendig. GRYSPEERDT verwendet einen Tisch, der um zwei senkrecht aufeinanderstehende Achsen gekippt werden kann. Zwei seitliche Röntgenvorrichtungen ermöglichen Röntgenaufnahmen und Durchleuchtungskontrollen des Wirbelkanals. Die Strahlungsdosis muß so gering wie möglich gehalten werden, weshalb die Blenden soweit geschlossen werden, daß nur die wandernde Kontrastmittelsäule mit ihrer jeweiligen Umgebung der Strahlung ausgesetzt ist. In einer speziellen Halterung kann der Patient am Tisch fixiert werden.

Bei der lumbalen Pantopaque-Injektion wird der Patient zunächst in Lokalanästhesie sitzend lumbalpunktiert. Dann wird unter Aufwendung eines stärkeren Stempeldruckes das visköse Mittel langsam injiziert. Die Injektionsmenge hängt ab von der Indikation, vom Kaliber des Spinalkanals, sowie von der Höhe des vermuteten pathologischen Befundes. WELLAUER und SHIPP geben als gebräuchliche Menge 6 - 9 ml an. Nachdem die Injektion beendet ist, wird die Nadel mit dem Mandrin verschlossen und bleibt während der gesamten Untersuchung an der gleichen Stelle liegen. Vorsichtig wird der Kranke in Bauchlage auf den schräggestellten, kopfabwärts erhöhten Untersuchungstisch gebracht. Durch die Schrägstellung wird erreicht, daß das Kontrastmittel im Conus terminalis kompakt beisammen bleibt. Unter Durchleuchtungskontrolle läßt man das Kontrastmittel sich ausbreiten. Das ölige Pantopaque schichtet sich zu einem zusammenhängenden Film, der bei Bauchlage des Patienten der ventralen Wand des Duralsackes als lange, dünne Schicht aufliegt. Von oben gesehen entspricht diese Schicht einem breiten homogenen Kontrastmittelband, welches die Breite des Spinalkanals, seine Konturen und die ebene Fläche der ventralen Wand, auf der es gleitet, anzeigt. Kippt man den Untersuchungstisch langsam und vorsichtig, so bewegt sich das Kontrastmittel

als homogener Film im Duralsack in cranialer Richtung über den Bereich der Lenden-, Brust- und Halswirbelsäule. Wird der Untersuchungstisch zu rasch gekippt, dann besteht die Gefahr, daß der Film zerreißt und sich das Kontrastmittel tröpfchenförmig verteilt. In diesem Fall sammeln sich die Tropfen im Bereich des Halsmarkes wieder zu einer Schicht und werden vom Foramen occipitale magnum aufgehalten. Auf keinen Fall darf das Kontrastmittel diese Höhe passieren, da es sich sonst in den basalen Zisternen oder in den Ventrikeln verliert und daraus nicht mehr entfernt werden kann. Um das zu vermeiden, muß eine Assistenz den Kopf des Patienten kräftig nach hinten drücken. Nachdem der cervikale Spinalbereich untersucht ist, wird der Tisch langsam wieder zurückgekippt, sodaß das Kontrastmittel wieder in den Conus terminalis des Duralsackes zurückfließt. Dieser Rückfluß wird unter Durchleuchtungskontrolle ständig beobachtet und abschnittsweise durch Serienzielaufnahmen festgehalten. Nach beendeter Untersuchung wird das Kontrastmittel durch die liegengelassene Punktionsnadel wieder entfernt, soweit dies möglich ist. Durch entsprechende Lagerung und Kippung des Patienten muß immer wieder versucht werden, Kontrastmittel vor die Nadelspitze zu bringen. Ein Indiz für eine erfolgreiche Punktion ist die laufende Messung des Punkttates. Das schwere Pantopaque sinkt im Liquor ab und kann leicht gemessen werden. Erst wenn bei der Durchleuchtung kein Kontrastmittel im Wirbelkanal gesehen wird oder wiederholt keines mehr mit der Punktionspritze aspiriert werden kann, darf die Punktionsnadel entfernt werden. Die Untersuchung ist damit beendet.

BONTE, DELFOSSE, CARON, DELANDTSHEER, GRYSPEERDT und andere untersuchen routinemäßig auch die dorsale Wand des Duralsackes. Diese Untersuchung ist gerade für die Diagnose einiger occulter Formen spinaler Dysraphie von Bedeutung. Hierfür muß der Patient in Rückenlage gebracht werden, damit der Kontrastfilm entlang der dorsalen Wand des Duralsackes fließen kann. Da die Rückenlage die Entfernung der Punktionsnadel erfordert, ist nach Abschluß der myelographischen Untersuchung eine erneute Lumbalpunktion zur Entfernung des Kontrastmittels nötig, sofern diese beabsichtigt ist.

Myelographie mit wasserlöslichen Kontrastmitteln

Als Kontrastmittel werden wasserlösliche Jodverbindungen verwendet. Bei den Markenpräparaten "Abrodil-Bayer", "Sciodan" und "Kontrast U Lundbeck" handelt es sich um 20 %ige Lösungen eines monojodierten Natriumsalzes in Methansulfonsäure. Diese 20 %ige Lösung der Methansulfonsäure ist mit einem spezifischen Gewicht von 1030 schwerer als Liquor und gegenüber Liquor ^{er}hypertonisch.

ZSEBÖK hat für seine lumbalen Myelographien das Markenpräparat "Joduron", das Natriumsalz des Diaethanolamins verwendet. Er nimmt 10 ml der 30 %igen Lösung, vermischt sie mit 10 ml Liquor und erhält so ein 15 %iges Joduron-Liquor-Gemisch, welches nach seinen Erfahrungen weniger toxisch ist als Monojod-Methansulfonsäures-Na. ZSEBÖK hat auch mit 10 %igen Joduronlösungen myelographiert und dabei ebenfalls günstige Ergebnisse erhalten. Als im 2ten Weltkrieg Abrodil schwer zu bekommen war, verwendete ARNELL vorübergehend "Intron", ein Natrium-Dijod-Methansulfonat in Lösungen zwischen 14 % und 20 %. Dieses Kontrastmittel verursachte jedoch mehr Irritationen, sodaß ARNELL wieder zu Abrodil zurückkehrte.

ROIZ NORIEGA und VINA Y VINA arbeiteten mit "Ténébryl", einem Natrium-Dijodmethansulfonat, das nach ihren Angaben gut vertragen wurde.

Von den wasserlöslichen Kontrastmitteln sind Abrodil und seine artverwandten Präparate am gebräuchlichsten. Sie werden in 20 %iger Lösung verwendet und lumbal injiziert. Die gebräuchliche Menge ist 10 ml.

Technik:

Der nüchterne, jedoch nicht ausgehungerte Patient (NOTTER), wird auf den horizontal gestellten, kippbaren Röntgenuntersuchungstisch so gelagert, daß er auf der Seite, die mehr neurologische Symptome zeigt, zu liegen kommt. Die Lagerung auf die kranke Körperseite ist notwendig,

weil das hyperbare Kontrastmittel nach kurzer Zeit in den tiefsten Bezirk absinkt. Das ist beim liegenden leicht schräggestellten Patienten die ganze dem Untersuchungstisch aufliegende Lendengegend. Steht neurologisch nicht fest, welches die kranke Körperseite ist, wird ein rasches Umlagern des Kranken von der einen auf die andere Stelle notwendig sein, nachdem die Aufnahmenserie der einen Seite hergestellt ist. Zur Kollapsverhütung erhält der Patient anschliessend 1 - 2 ml Ephedrinum hydrochloricum 5 %. Dann erfolgt die Lumbalpunktion. Nach gelungener Punktion soll zunächst der Liquordruck geprüft werden. Da sich dabei die Nadel verschieben kann, ist es ratsam, sich ständig von der intraduralen Lage der Nadel zu überzeugen. Eindeutig kann dies nur durch freie und kontinuierliche Liquorspiration mit einer der Punktionsnadel aufgesetzten Spritze festgestellt werden. Der erhaltene Liquor wird teilweise für eine cytologisch-chemische Untersuchung verwendet (dafür werden 5-10 ml Liquor benötigt). Falls ein kristallines Anaesthetikum, wie z.B. Procain verwendet wird, kann ein Teil des abgelassenen Liquors für die Auflösung des Anaesthetikum verwendet werden. Nach geglückter Lumbalpunktion wird die Nadel mit dem Mandrin verschlossen. Nun wird der Patient um 30° aufgerichtet, indem man den Tisch kippt. Dadurch wird das Aufsteigen des zu injizierenden Anaesthetikums und des Kontrastmittels verhindert und beides im lumbalen Bereich erhalten. Die Anaesthesielösung wird injiziert und nach etwa 3-5 Minuten hat die Lumbalanaesthesie ihre volle Wirkung erreicht. Das äußert sich für den Patienten in einem deutlichen Gefühl von Wärme, Kribbeln, und Schwere, angefangen von den Füßen bis in den Unterschenkel. Erst wenn dieser Effekt vom Patienten empfunden wird, darf das Kontrastmittel injiziert werden. Es muß langsam appliziert werden und soll körperwarm sein. Ist die Anästhesie richtig gesetzt, so spürt der Patient während der Injektion nicht das Geringste. Schmerzen im Kreuz oder in den Oberschenkeln sind Zeichen für eine ungenügende oder fehlgesetzte Anaesthesie. Diese Schmerzen können so erheblich werden, daß die Untersuchung

abgebrochen werden muß. Auch leichte Sensationen machen den Patienten unruhig und sind scharfen Röntgenaufnahmen abträglich. Daher sollte auf eine vollständig richtig gesetzte Lumbalanaesthesie größter Wert gelegt werden (WENGROVITZ, WELLAUER).

Nach geglückter Kontrastmittelinjektion wird die Punktionsnadel entfernt. Die rasche Resorption des Kontrastmittels erfordert schnelles Arbeiten. 10 Minuten nach der Injektion des Kontrastmittels sollte die letzte Aufnahme beendet sein, da nach dieser Zeit eine Kontrastschattenverdünnung auftreten kann. Es werden in Serien mindestens 6, nach NOTTER 8 gezielte Tubusaufnahmen angefertigt. Dazu wird der Patient schrittweise um 180° gedreht. Die Serie hält in Einzelaufnahmen diese Drehung fest, wobei Sektoren des Spinalkanals randständig werden und zur Darstellung kommen. Für die Aufnahmen wird eine Kasette verwendet, die unmittelbar hinter dem Rücken in Höhe der Lumbalgegend des seitlich gelagerten Patienten angebracht ist. Die Kasettenebene steht senkrecht zur Tischebene und die verwendete Röhre ist dem Patienten gegenüber am Tisch angebracht. Die erste Aufnahme wird in leichter Rückwärtsskipung des zur Seite liegenden Kranken angefertigt. Die zweite Aufnahme wird in der ursprünglichen Seitenlage gemacht, wobei die Röntgenkasette dem Rücken des Patienten parallel anliegt. So entsteht eine reine a. p. -Aufnahme

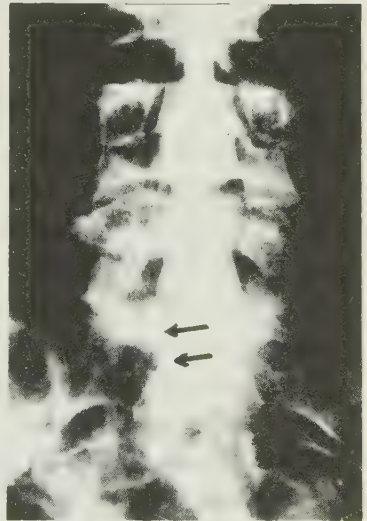


Abb. 1 Wureltaschenerweiterungen
Abrodilmyelogramm.

me der Wirbelsäule und des Duralsackes. Weitere 4 bzw. 6 Aufnahmen werden gefertigt, indem man den Patienten schrittweise so weiterdreht, daß für die letzte Aufnahme der Patient flach auf Brust und Bauch liegt und eine rein seitliche Röntgenaufnahme entsteht. Damit ist die Untersuchung beendet. Der Patient muß 12 Stunden lang streng in halb sitzender Stellung mit aufgerichtetem Oberkörper im Bett bleiben, damit ein Aufsteigen von Anaesthetie und Kontrastmittel verhindert wird.

Myelographie mit Gasen

Die negative Kontrastmyelographie mit Gasen ist das älteste Myelographieverfahren. Es hat sich bis in unsere Zeit behauptet. Als Kontrastmittel werden Sauerstoff, Kohlensäure, Lachgas, vor allem aber Luft verwendet.

Technik:

Es wird eine Lumbalpunktion oder eine Punktion der Cisterna cerebello-medullaris durchgeführt, Liquor abgelassen und anschließend Gas injiziert. TRUCCI empfiehlt bei suboccipitaler Punktion einen Austausch von 30 ml Liquor gegen 40 ml Luft. Allgemein kann man sagen, daß mehr Luft injiziert werden muß, als Liquor abgelassen wurde, da ein erheblicher Überdruck nötig ist, um eine ausreichende Entfaltung des Duralsackes zu erreichen. Der Überdruck sollte etwa 100 ml Wassersäule betragen. Anschließend werden Röntgenaufnahmen in beiden Ebenen gemacht. Neben Aufnahmen einzelner Wirbelsäulenabschnitte können bei der Gasmyelographie auch Wirbelsäulenganzaufnahmen gefertigt werden.

4. Diskussion der Techniken, der verwendeten Kontrastmittelmengen, sowie der Nebenerscheinungen und Nachwirkungen, die die verschiedenen Kontrastmittel verursachen

Die Lipiodolmyelographie:

Die Lipiodolmyelographie hat eine große Einschränkung dadurch erfahren, daß sich dabei recht bedenkliche Begleit- und Folgeerscheinungen bemerkbar machten. Unmittelbar nach Einfüllung des Jodöls kann es zur Ausbildung einer Meningitis, zu erheblichen Schmerzen, Temperaturanstieg, Eiweiß- und Zellvermehrung im Liquor kommen. Meistens klingen diese Erscheinungen in Tagen bis Wochen ab (REINHARDT, PANTER). RODRIGUEZ DE MATA berichtete über einen Fall, bei dem unmittelbar nach der Untersuchung Erblindung auftrat, was er auf den Übertritt des Kontrastmittels in die periduralen Venen zurückführte. LÖNNERBLAD berichtete ebenfalls über einen Übertritt des Lipiodols in die Venen. THEMEL beschrieb einen Todesfall 7 Wochen nach einer Lipiodol-Myelographie. Hier war es zu einer Querschnittsmyelitis mit konsekutiver Cystopyelitis und Uraemie gekommen, die den Exitus zur Folge hatte.

Zahlreicher sind die Beobachtungen über arachnoiditische Spätfolgen. Entscheidend dafür ist einmal die Tatsache, daß das Lipiodol sehr langsam resorbiert wird und meist unbegrenzt lange im Duralsack verweilt, wenn seine Tropfen in dichtem arachnoiditischem Gewebe eingeschlossen sind (WELLAUER). Zwar werden seltene Fälle beschrieben, in denen die Resorptionsdauer nur Tage oder Wochen betragen hat (KROLL), als Norm wird jedoch von WELLAUER eine Dauer von 2-4 Jahren angegeben. Außerdem erweist sich die Addition des Jod an die Trägersubstanz als nicht beständig. Im frischen Zustand enthielt nach Messungen

des pharmakologischen Institutes der Universität Zürich Oleum papaveris jodatum pro Gramm Öl 0,226 mg freies Jod, Jodipin 0,1132 mg, Neo-Jodipin 0,736 mg. Nach einigen Monaten Lagerung steigt der freie Jodgehalt in allen Mitteln um das Mehrfache. Oleum papaveris jodatum zeigt nach 24 Monaten 2,531 mg freies Jod pro Gramm Kontrastsubstanz, Neo-Jodipin nach 27 Monaten 27,27 mg. In einem solchen Zustand ist das Mittel nicht mehr zu gebrauchen, da das freie Jod auf das Rückenmark und seine Häute einen schädigenden Reiz ausübt. Bei längerer Verweildauer im spinalen Duralraum kommt es zu einem solchen Reiz. Nach Untersuchungen von BISCHOFF wirkt das hochvisköse Mittel auf die Dauer als Fremdkörper, dessen Kristalle zu phagocytieren und abzutransportieren die Arachnoendothelien der Spinnengewebshaut unter Fettgranulombildung bestrebt sind. Zudem zersetzt sich mit der Zeit das Kontrastmittel auch intradural in freies Jod und Fettsäuren. Das führt zu bindegewebigen Veränderungen der Arachnoidea, sodaß grobe Stränge und Verklebungen entstehen. Klinisch treten radikulär bedingte Zustände, sowie sensible und motorische Ausfallerscheinungen auf. Solche Spätfolgen wurden von KRAYENBÜHL, MARCOVICH, WALKER, JESSICO, und BORSINGER beschrieben. HOFMANN fand bei der Operation nach einer vorausgegangenen Lipiodolmyelographie das Bild einer völligen Verklebung der Cauda equina mit Jodöl. Um den unangenehmen Folgeerscheinungen vorzubeugen, versuchte man nach Abschluß der Untersuchung das Kontrastmittel aus dem Rückenmarkskanal zu entfernen. Das ist beim dickflüssigen Mohnöl nie gelungen. Nur durch Laminektomie mit nachfolgender Öffnung der Dura kann es weitgehend entfernt werden. Daher wird das Lipiodol heute nur noch in sehr kleinen Mengen verwendet, man geht allgemein nicht mehr über 1,0 ml. Seitdem sind Lipiodol-Arachnoiditiden fast völlig verschwunden,

Neben der beschriebenen Technik der Lipiodolmyelographie mit suboccipitaler Injektion, die vor allem zur Darstellung hochsitzender Rückenmarks-

tumoren bevorzugt wird, findet bei Untersuchungen des Lumbalsackes die lumbale Injektion Anwendung. Die geringen Kontrastmittelmengen, mit denen gearbeitet werden muß, bringen es mit sich, daß nur grobe Veränderungen im cervikalen und oberen thorakalen Spinalkanal mit Hilfe der Lipiodolmyelographie nachgewiesen werden können. Eine berechnete Anwendung hat die Lipiodolmyelographie auch heute noch bei der Diagnose von raumfordernden Prozessen im cervikalen und oberen thorakalen Bereich des Spinalkanals. Für die Unfallchirurgie ist die Lipiodolmyelographie insofern von erheblicher Bedeutung, als mit dieser Methode Ausrisse im Plexus cervicalis und Plexus brachialis außerordentlich klar diagnostiziert werden können. Die lumbale Lipiodolmyelographie wird von einigen Autoren zur Diagnose von Diskushernien verwendet. Jedoch sind hier Fehldiagnosen nicht allzu selten. CAMP teilt in 33 %, FORD in 25 % der Fälle Differenzen zwischen der Myelographie und dem bei der Operation erhobenen Befund mit. Für die Diagnose occulter Formen spinaler Dysraphie ist die Lipiodolmyelographie wegen ihrer Ungenauigkeit nicht geeignet.

Pantopaque - Myelographie

Über die Resorption von Pantopaque wurden Tierversuche angestellt. 3 ml Pantopaque verschwinden beim Tier in 15 Monaten aus dem Subarachnoidalraum. Aus dem Peritonealraum sollen beim Tier in 6 Wochen bis zu 4 gr Pantopaque pro kg Körpergewicht resorbiert werden. Auf Grund dieser Tierversuche wird Pantopaque generell als resorbierbares Kontrastmittel betrachtet. Die Resorbierbarkeit von Pantopaque erscheint jedoch problematisch. So berichten RUPPRECHT und SCHERZER, daß in Einzelfällen 9 Jahre nach Einbringung des Kontrastmittels eine Kontroll-Kippung möglich gewesen sei. Diese Autoren geben eine

durchschnittliche Resorptionsdauer von 4-5 Jahren an. Bleibt Pantopaque länger im Duralsack, so kann es, ebenso wie das Lipiodol, entzündliche Reaktionen an der Arachnoidea auslösen. Pantopaque stellt ebenso, wie Lipiodol für die Arachnoidea einen Fremdkörperreiz dar, der schon als solcher zur Reaktion, Phagocytose und Granulombildung reizt. Ausserdem ist nach Jahren ebenfalls eine Zersetzung des Mittels im Körper denkbar, wodurch Jod frei wird, was wiederum zur Entstehung einer Arachnoiditis führen kann (WELLAUER). Die Entstehung einer Arachnoiditis kann überall erfolgen, wo das Mittel hingelangt und liegen bleibt. Im Schädelinnern vermag es auch in den basalen Zisternen oder im Ventrikelsystem entzündliche Verdickungen der Arachnoidea auszulösen. Wegen dieser Spätfolgen wird von den meisten Autoren die Entnahme von Pantopaque unmittelbar nach abgeschlossener Untersuchung dringend empfohlen (HAGGART, GRANNIS, SHIPP u. a.). RUPPRECHT und SCHERZER dagegen vertreten die Auffassung, daß Pantopaque nicht entfernt zu werden braucht, da es keine Arachnoiditiden verursacht. Auch Säuglinge vertragen nach ihren Angaben Pantopaque gut. Sie werten wegen der möglichen Nachuntersuchungen die lange Verweildauer im Duralsack als günstige Eigenschaft des Kontrastmittels.

Eine für die Diagnose occulter Formen spinaler Dysraphie wichtige technische Modifikation der Pantopaquemyelographie ist die Pantopaquemyelographie nach cisternaler Injektion. GRYSPEERDT führte myelographische Untersuchungen an Kindern durch, wobei er das Kontrastmittel lumbal unter Lokalanaesthesie injizierte. Es zeigte sich jedoch, daß bei den occulter Formen spinaler Dysraphie der Conus medullaris oft abnorm tief plziert ist, wenn das Rückenmark in die Anomalie mit einbezogen ist. Daher wäre das Risiko einer Rückenmarksverletzung bei lumbaler Injektion in Fällen mit Verdacht auf occulte spinale Dysraphie groß. GRYSPEERDT führt nun die Pantopaquemyelographie nach cisternaler Injektion unter vollständiger Anaesthesie durch. Freilich muß hierbei das Vorhandensein einer Arnold-Chiari-Deformität zuvor ausgeschlossen

werden. Die Arnold-Chiari-Deformität tritt in Verbindung mit occul-
 ten Formen spinaler Dysraphie sehr selten auf. Im Gegensatz dazu ist sie
 bei den offenkundigen Formen recht häufig zu finden. GRYSPEERDT fand
 unter einer Serie von 32 Fällen mit Conustiefstand keine Arnold-Chiari-
 Deformität und betrachtet die cisternale Pantopaquenmyelographie als
 sicheres Verfahren. Zur restlosen Rückgewinnung des Pantopaque aus
 dem Sacralkanal ist die Punktion der Conus-terminalis-Spitze am sitzen-
 den oder stehenden Patienten versucht worden. Die Schwierigkeit der
 Ausführung, sowie die für den Patienten damit verbundenen Nachschmer-
 zen, liessen diese Methode nicht populär werden. BONTE, DELFOSSE
 und Mitarbeiter injizieren am sitzenden Patienten mit einer in den
 Sacralkanal eingeführten Nadel physiologische Kochsalzlösung in den
 Epiduralraum. Die extradurale Flüssigkeit soll das Ende des Dural-
 sackes komprimieren und damit das intradurale Kontrastmittel nach
 oben drücken. Durch eine zweite Nadel, die intradural auf Höhe der
 lumbosacralen Bandscheibe steckt, kann das aus dem Conus terminalis
 ausgepresste Kontrastmittel spontan abtropfen.

Zu den lebensgefährlichen Zwischenfällen der Pantopaque-Myelographie
 gehören Lungenfettembolien. STEINBACH und HILL beschreiben einen
 Fall, bei welchem es eine 1/2 Stunde nach der Myelographie zu einer
 Lungenembolie kam. Das Kontrastmittel war offenbar bei der Abpunktion,
 bei der es geblutet hatte, in die periduralen Venen gelangt. Harmloser
 sind Liquorveränderungen, die sich schon 24 - 48 Stunden nach der Myelo-
 graphie in einem Leukocytenanstieg und in Eiweißvermehrung äußern
 können. GROSJEAN hat unter 234 Pantopaquemyelographien bei 6 Fällen
 solche pathologischen Liquorbefunde erhoben. Nach 6 - 7 Tagen sind die
 Liquorwerte wieder normal. Möglicherweise ist die Lumbalpunktion die
 Ursache für Liquorleukocytose und Eiweißanstieg. Über Fieberanstieg
 um oder über 37,5° berichtet GROSJEAN bei 82 seiner Fälle. Beson-
 ders nach schwierigen, langdauernden Entnahmeverfahren ist am fol-
 genden Tag mit Temperaturanstieg zu rechnen.

Recht verschieden sind die Meinungen über die zu verwendenden Kontrastmittelmengen. Am gebräuchlichsten sind Mengen zwischen 6 und 9 ml. Damit kann im allgemeinen der Duralraum auf längere Strecke in ganzer Breite dargestellt werden, wobei anschließend die gesamte Strecke des kompakten Kontraststreifens um ihre ganze Länge unter Sicht und Kontrolle des Auges nach cranial geschoben wird bzw. selber fließt, bis der Spinalkanal vom Conus terminalis bis zum Atlas streckenweise erfasst ist. HAFT, WEINSTEIN, und KRUEGER halten 9 ml für die geeignetste Kontrastmittelmenge, SHIPP der über 1800 Pantopaquemyelographien berichtet, gibt als gebräuchliche Menge 6 ml an.

GRYSPEERDT benennt für die Pantopaquemyelographie bei Kindern als optimale Mengen 2 ml bei einem 3 jährigen Patienten bis zu 3,5 ml bei einem 15 jährigen Patienten. Zu kleine Mengen behindern nach seiner Ansicht die genaue Interpretation, zu große Mengen lassen Details der intraduralen Strukturen unscharf erscheinen. MALIS, NEWMAN und WOLF gebrauchen 24 ml. TAINTER und GRAYSON arbeiten mit Mengen bis zu 60 ml. Angesichts der Gefahren, die unmittelbar bei der Myelographie drohen und unter Berücksichtigung der möglichen Nachwirkungen erscheint jedoch Zurückhaltung in der Kontrastmittelmenge angebracht, auch wenn es meist wünschenswert wäre, mit einem längeren Kontrastband größere Strecken des Spinalkanals zu erfassen.

Eine technische Hilfe mag die von SMITH, PITTS und ROGOFF entwickelte Cinemyelographie darstellen. Dabei wird mit Hilfe eines Bildverstärkers und einer Filmkamera die Fortbewegung des Kontrastmittels gefilmt. Gleichzeitig können die routinemäßigen Röntgenaufnahmen gemacht werden. Mit der Cinemyelographie glauben die Autoren eine größere diagnostische Ausbeute erzielen zu können.

Abrodil-Myelographie

ARNELL hatte zu Beginn seiner Arbeiten mit Abrodil einige Zwischenfälle mit tödlichem Ausgang erlebt, wodurch das Verfahren lange Zeit in Mißkredit geriet. Er führt diese Zwischenfälle auf zu hohe Kontrastmittelkonzentrationen zurück. Mit Nachdruck warnen ARNELL und LINDBLOM vor der Verwendung höherer Konzentrationen als 20 %. WELLAUER berichtet über 1628 lumbale Myelographien, die in Zürich mit wasserlöslichen Kontrastmitteln durchgeführt wurden. Dabei wurden keine stärkeren Lösungen als 20 %ige verwendet und es gab von Seiten des Kontrastmittels keine nennenswerten Zwischenfälle. Es seien ihm aber Todesfälle bekannt, wo versehentlich 30 %ige Lösung intradural injiziert worden sei.

Abrodil wird sehr schnell aus dem Liquor entfernt. Der Abtransport erfolgt in den ersten 20 Minuten über Lymph- und Blutwege zur Niere; 30 - 40 Minuten nach der intraduralen Injektion ist es in der Blase nachweisbar. Das dem Liquor gegenüber hypotone monojodierte Kontrastmittel Abrodil stellt selbst in der geringen 20 %igen Konzentration einen starken Reiz für die Meningen, sowie für die intraduralen Nervenwurzeln, besonders für die Cauda equina dar. Durch Vorbereitung des Patienten lassen sich diese Erscheinungen weitgehend vermeiden. ARNELL verwendet 2 ml 7 %iges Novocain, FISCHER 2 ml 5 %iges Procain. WELLAUER schlägt vor, aus Sicherheitsgründen den Kranken auf die Verträglichkeit des anzuwendenden Kontrastmittels zu prüfen. Die Testung erfolgt kontinuierlich (Tropfen) intracutan oder intravenös (1 ml). WELLAUER räumt allerdings ein, daß ein solcher Test nicht unbedingt zuverlässig ist. REINHARDT und PANTER messen diesem Test keine Bedeutung bei, empfehlen ihn jedoch als Sicherung für den Untersucher. REINHARDT und PANTER plädieren für eine Sedierung des Patienten durch ein Barbitursäure Präparat vor der Untersuchung. Um das Gelingen der Röntgenaufnahmen zu gewährleisten, zieht WELLAUER es vor,

während der Untersuchung nicht zu sedieren. Außerdem hält er den hypotonisierenden Effekt von Schlafmitteln bei der Myelographie für unerwünscht.

WORINGER, THOMATSKE und BAUMGARTNER führen die Abrodilmyelographie am sitzenden Patienten durch, was den Vorteil hat, daß die Wirbelsäule unter Belastung aufgenommen wird. Bandscheibenprotrusionen treten hierbei besser hervor. Außerdem wird ein Aufsteigen des Anaesthetikums nach den Bulbärzentren ausgeschaltet.

Über die Liquorentnahme herrschen verschiedene Meinungen. LINDBLOM ist gegen eine Liquorentnahme. WELLAUER, REINHARDT und PANTER empfehlen, nur soviel Liquor abzulassen, wie anschließend durch Kontrastmittel wieder ersetzt wird, um den Liquordruck aufrecht zu erhalten. Eine größere Menge Liquor sollte wegen des damit verbundenen Druckabfalles nicht entnommen werden, da dies ein Zusammenfallen des Duralsackes zur Folge haben kann. An der Orthopädischen Klinik München werden 6 - 10 ml Liquor abgelassen und 10 Minuten später 9 ml Abrodil appliziert (GLO-GOWSKI, LIEBL).

REINHARDT und PANTER schlagen vor, die Serienaufnahmen unter Durchleuchtungskontrolle herzustellen. Dagegen spricht, daß die mit der Unterleuchtröhre während der Durchleuchtung hergestellten Aufnahmen flau und unscharf werden und daß die Strahlenbelastung für den Patienten unnötig erhöht wird. (WELLAUER).

Die Angaben über die verwendeten Kontrastmittel-Mengen gehen auseinander. Die gebräuchlichste Menge ist 10 ml. Andere Autoren arbeiten mit größeren Kontrastmittelmengen, so UTHGENANNT mit 16 ml. WELLAUER warnt ausdrücklich vor größeren Mengen als 10 ml, da er der Meinung ist, daß dann unangenehme Folgen nicht ausbleiben. Zur Darstellung höher liegender Prozesse, die mit 10 ml Abrodil nicht erfaßt werden können, verweist er mit Nachdruck auf die Pantopaquemyelographie.

Die Myelographie mit wasserlöslichen resorbierbaren Kontrastmitteln ist bei schweren Nierenleiden wegen der zusätzlichen Nierenbelastung kontraindiziert. Kranke mit niedrigem Blutdruck, Anaemie oder kurz vorausgegangener Operation sollten nicht myelographiert werden, da sie zum Kollaps neigen. Ein Kollaps stellt, besonders wenn die für die Abrodilmyelographie notwendige Lumbalanaesthesia schon gesetzt ist, einen gefürchteten Zwischenfall dar, da die Gefahr des Aufsteigens des Anaesthetikums in die bulbären Zentren besteht. REINHARDT und PANTER halten die Abrodilmyelographie bei jugendlichen Patienten bis etwa 14 Jahren für nicht geeignet. Sie geben der Pantopaquemyelographie den Vorzug, da sie bei Kindern schneller und für den Untersucher beruhigender auszuführen sei.

Bei der Abrodilmyelographie können sich Komplikationen einstellen, die auf die Lumbalpunktion zurückzuführen sind. Hierzu gehört die sterile Reizmeningitis, mit der etwa 1/3 der Patienten die Lumbalpunktion beantworten. Sie äußert sich in Kopfschmerzen, Brechreiz und Dyspnoe. Nach spätestens 14 Tagen sind diese entzündlichen Veränderungen am Nervensystem und seinen Häuten rückstandslos abgeklungen. Eine weitere mögliche Komplikation ist ein Anaesthesiez Zwischenfall. Hier besteht die Gefahr, daß der Kranke das Mittel nicht verträgt, oder daß das tief lumbal deponierte Anaesthetikum intradural hochsteigt. Bei einem Ausfall der bulbären Zentren kommt es zu schweren Kollaps- und Schockzuständen. Bei chemisch toxischen Schädigungen der Nervenwurzeln im Rückenmark kann es zu Hemi-, Para- und Tetraplegien, Encephalitis, Myelitis und epileptiformen Anfällen kommen. Allerdings treten diese Anaesthesiez Zwischenfälle gerade bei der Myelographie selten auf, was wahrscheinlich auf die geringen Anaesthesiemengen zurückzuführen ist.

Das Kontrastmittel selbst verursacht eine Reizwirkung auf Radices und Myelon, da das 20%ige wassergelöste Jodsatz im Liquor eine hypertone Lösung ist. Das würde der Kranke sofort an heftigsten, krampfartigen

Schmerzen in den Beinen verspüren. Wegen der notwendigen Anaesthetie wird die Anwendung von Abrodil auf den Sacral- und Lendenbereich beschränkt. Nach GROTE sollte das Kontrastmittel nur bis in die Höhe von L1-L2 angewandt werden. Durch die Anaesthetie wird die sensible Reaktion ausgeschaltet. Wie weit die Lumbalanaesthetie die Nervenwurzeln vor dem chemischen Reiz des Kontrastmittels zu schützen vermag, ist nicht bekannt. DENSTAD und NOTTER halten das aus dem Kontrastmittel frei werdende Jod für gefährlich, besonders für die höheren Rückenmarksabschnitte. DENSTAD hat aufgestiegenes Jod im suboccipital entnommenen Liquor nachgewiesen und zwar auch dann, wenn der Patient nach der Abrodilmyelographie mehrere Stunden in sitzender Stellung verweilte. Spuren von Jod können auch freiwerden, wenn das Kontrastmittel lange am Licht gestanden hat, oder zu lange gelagert wurde. LINDBLOM berichtet über 54 Zwischenfälle bei 700 Myelographien mit wasserlöslichen Kontrastmitteln. Er hat dabei 32 mal einen Schockzustand beobachtet, sieht jedoch diese Reaktion als relativ harmlos an. J. LANGE berichtet über Abrodilmyelographien bei 120 Patienten. Dabei traten 3 mal Krampfstände mit Bewußtseinsverlust von $1/4$ - $1/2$ Stunde Dauer auf. 20 mal beobachtete er verstärkte Wurzelschmerzen. Vorübergehend traten auch Kopf- und Rückenschmerzen, Schmerzen an den unteren Extremitäten sowie Übelkeit und Erbrechen als Folgen der Myelographie auf. 83 Myelographien verliefen ohne Zwischenfall. Andere Untersucher (PONS, LAZORTHE und ANDUZE) betonen die Unschädlichkeit der Abrodilmyelographie. LINDGREN vertritt die Ansicht, daß bei richtiger Technik viele der beobachteten Zwischenfälle vermieden werden können. Zumeist kann ein Aufsteigen des Anaesthetikums, des Kontrastmittels oder beider zusammen durch richtige Lagerung des Patienten während und nach der Untersuchung vermieden werden.

Die Luftmyelographie

Die schädigenden Nebenwirkungen und Gefahren, welche der Myelographie mit öligen und wasserlöslichen Kontrastmitteln anhaften, sind zum größten Teil bei der Verwendung von Gasen nicht gegeben. Die Beschwerden sind meist gering, es sind im wesentlichen dieselben wie nach einer Lumbalpunktion. Stärkere Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen, wie sie durch das Aufsteigen des Gases in die Hirnventrikel auftreten können, sind durch eine geeignete Lagerung vermeidbar.

Außer Luft fanden Lachgas und Kohlensäure wegen der schnellen Resorption Verwendung. Es ist jedoch fraglich, ob eine solche Wahl zur Vermeidung von Beschwerden zweckmäßig ist, da durch die rasche Resorption Druckschwankungen und Veränderungen der Liquorzirkulation auftreten, die an sich schon Kopfschmerzen verursachen können. Sauerstoff hat eine Resorptionsdauer von 1 - 3 Tagen und läßt sich sehr gut verwenden, da der Organismus Zeit zur Druckregulation hat. ODÉN berichtet über 2 100 Gasmyelographien am Seraphimlazarett in Stockholm, und betont die absolute Gefahrlosigkeit der Gasmyelographie. Er arbeitet mit ca 120 ml Sauerstoff bei cisternaler Punktion und einem Überdruck von 250 - 300 mm Hg.

5. Pathologische Anatomie der dysraphischen Mißbildungen des Rückenmarks, seiner Wurzeln und Hüllen

Für Mißbildungen der Dura mater spinalis, des Rückenmarks und seiner Wurzeln prägte FUCHS den Begriff der Myelodysplasie. LICHTENSTEIN faßte den Komplex spinaler Entwicklungsanomalien als "spinal dysraphism" zusammen. Einige Autoren (JAMES, LASSMAN, GRYSPEERDT, SWEDBERG und andere) ziehen diesen Ausdruck der allgemeinen Bezeichnung Myelodysplasie vor, da er auf die Genese der Schädigung als fehlerhafte Entwicklung in der Dorsalregion hinweist. Diese Gruppe von Mißbildungen findet ihre Erklärung in der besonderen Entwicklungsgeschichte des Zentralnervensystems. Das Zentralnervensystem wird zunächst vom Ektoderm als Medullarrinne angelegt und schließt sich dann zum Medullarrohr; gleichzeitig löst sich das Medullarrohr vom Ektoderm, welches von cranial nach caudal fortschreitend vom Chordamesoderm unterlagert wird. Einmal in die Tiefe verlagert, wird das Medullarrohr von den verschiedenen Bindegewebshüllen und von einer knöchernen Hülle umgeben. Störungen dieser Vorgänge (dysraphische Störungen) haben daher häufig nicht nur Mißbildungen des Zentralnervensystems, sondern auch Entwicklungsstörungen seiner Hüllen im weitesten Sinn zur Folge. Dabei ist der caudale Teil des Neuralrohres deutlich bevorzugt (ZEHNDER). Es kommen die verschiedensten Grade der hinteren Verschlüßstörungen und Ausstülpungen vor, an der sich Haut, Wirbelsäule und Rückenmarkshüllen beteiligen können. Flüssigkeitsansammlungen verschiedener Ausdehnung und Lokalisation können das Gesamtbild noch komplizieren. Für Fehlentwicklungen werden Erbfaktoren, aber auch exogene Faktoren wie Sauerstoffmangel des Fetus, gestörte Stoffwechsellaage bei unterernährten graviden Frauen, sowie Schäden durch ionisierende Strahlungen als Grund angesehen.

Rhachischisis

Bei den höchstgradigen Entwicklungsstörungen wird gewissermaßen das Stadium der offenen Medullarrinne im Zusammenhang mit dem Ektoderm beibehalten (HAMPERL). Diese nicht von Haut überzogenen Spaltbildungen werden als Rhachischisis bezeichnet. Die Rhachischisis kann Wirbelsäule und Rückenmark in ganzer Ausdehnung oder nur einzelne Abschnitte betreffen, wobei der Lumbalabschnitt deutlich bevorzugt ist.

Spina bifida

Bei einwandfreiem Schluß des Medullarrohres und Ablösung vom Ektoderm in der normalen Weise, kann dennoch die Bildung der häutigen und knöchernen Hüllen des Rückenmarkes mangelhaft erfolgen. Spaltförmige, von Haut überzogene Defekte des Wirbelkanals werden als Spina bifida bezeichnet. Aus diesen spaltförmigen Defekten können sich Teile des Rückenmarks und seiner Hüllen unter die Haut vorwölben. Drängen sich Teile des Rückenmarkes aus dem Defekt, so spricht man von Myelocoele. Häufiger handelt es sich jedoch um flüssigkeitsgefüllte Vorfälle, gebildet vom Rückenmark und seinen Häuten. Die Mißbildungen werden unter dem Begriff der Spina bifida cystica zusammengefasst: Es kann sich ein Sack vorstülpen, der durch Flüssigkeitsansammlung im Zentralkanal entstand und der vom aufgetriebenen und verdünnten Rückenmark selbst gebildet wird. Man bezeichnet das als Myelocystocoele. Wenn gleichzeitig eine Flüssigkeitsansammlung in den Rückenmarkshäuten besteht, spricht man von Myelomeningocystocoele. Wird der flüssigkeitsgefüllte Vorfall nur von den Meningen gebildet und befindet sich das Rückenmark unbeteiligt in normaler Lage, so spricht man von Meningocoele. Dieser Zustand tritt in reiner Form nur sehr selten auf, da meistens Rückenmark oder Spinalnerven dadurch beteiligt sind, daß sie in den Sack

hineingezogen werden. Dieser Zustand heißt Meningomyelocele.

Occulte Formen spinaler Dysraphie

Neben den offensichtlichen Mißbildungen der Spina bifida mit ihren ins Auge fallenden optischen Vorwölbungen gibt es eine ganze Reihe verborgener Anomalien, von denen Rückenmark, Rückenmarkswurzeln, Dura und Wirbelsäule betroffen sein können. Sie werden als occulte Formen spinaler Dysraphie bezeichnet. Diese verborgenen Anomalien treten selten einzeln auf. Meist findet man mehrere Mißbildungen dieses Komplexes gleichzeitig.

Spina bifida occulta

Bei der Spina bifida occulta liegt ein dysraphischer Wirbelbogendefekt bei einem oder mehreren Wirbeln vor, ohne daß eine optische Vorwölbung besteht. Die Haut zieht glatt über die Wirbelspalte hinweg und erst der tastende Finger oder das Röntgenbild lassen den Defekt erkennen. Die meist im Bereich des Kreuzbeins oder der Lendengegend lokalisierte Stelle ist äußerlich oft nur durch eine umschriebene Hypertrichose gekennzeichnet, ein Zeichen das allerdings auch fehlen kann. Gewöhnlich verschließt Fett- und Muskelgewebe, zu einer geschwulstähnlichen Masse verbacken, den knöchernen Defekt. Die Häufigkeit der Spina bifida occulta ist mit 10-12 % (LEMBERG) recht erheblich. Die dysraphische Störung kann als einfache Bogenschlußstörung auftreten, ohne Beschwerden zu machen und stellt damit die leichteste Form spinaler Dysraphie dar. Hiervon ist ätiologisch die einfache Ossifikationsstörung oder - bei Kindern - ein verzögerter Bogenschluß zu trennen (SCHLEGEL), die nicht mit dem dysraphischen Komplex im Zusammenhang stehen. Auch diese Störung ist fast immer symptomfrei.

Bei etwa 1,5 % aller Menschen (NIEDERECKER) kommt die Spina bifida occulta in Verbindung mit anderen Mißbildungen des dysraphischen Formkreises vor und in diesen Fällen bestehen oft recht erhebliche neurologische Ausfälle. Da diese Fehlbildungen fast immer mit einer Spina bifida occulta einhergehen - die Spina bifida occulta ist für diese Mißbildungen das Leitsymptom -, kann man sie als assoziierte Anomalien der Spina bifida occulta bezeichnen. Von vielen Autoren wird der Begriff Spina bifida occulta nicht nur mit dem dysraphischen Wirbelbogendefekt, sondern verallgemeinernd auch mit den übrigen dysraphischen Fehlformen gleichgesetzt. ZEHNDER setzte Spina bifida occulta als Sammelbegriff für die occulten dysraphischen Störungen und unterschied nach der Art der assoziierten Mißbildungen eine Spina bifida occulta myelodhaesiva und eine Spina bifida occulta myelocompressiva, die er noch in eine lipomatöse und in eine cystische Form unterteilte. LEMBERG prägte im Gegensatz zur einfachen Spina bifida occulta für die mit anderen dysraphischen Fehlbildungen kombinierte Bogenschlußstörung den Begriff der Spina bifida occulta vera.

Es muß jedoch betont werden, daß auch ohne Bogenschlußstörung manche der dysraphischen Fehlbildungen bestehen können (GRUETER), die nun im einzelnen besprochen werden sollen.

Verborgene Fehlbildungen des Duralsackes

Eine Gruppe verborgener spinaler Fehlbildungen stellen Ausstülpungen des Duralsackes, die von außen nicht wahr genommen werden können, dar. Von der kleinen abgegrenzten Divertikelbildung bis zur Erweiterung größerer Abschnitte gibt es dabei alle Übergänge.

Wurzeltaschenerweiterungen:

Häufige occulte Mißbildungen in den lumbosacralen Segmenten sind cystische Veränderungen des Duralsackes an den Wurzeltaschen und Wurzelscheiden. Es handelt sich um Erweiterungen der die Nervenwurzeln begleitenden Wurzeltaschen, also nicht um echte Cysten, weshalb PIA diese Veränderung als Erweiterungen der Wurzelscheiden bezeichnet wissen will. Die Wurzeltaschenerweiterungen sind oft als einzige Fehlbildung vorhanden, ohne daß gleichzeitig eine Bogenschlußstörung besteht. Aus den in der Literatur bekannten Fällen geht hervor, daß die Cysten häufiger multipel vorkommen als isoliert und daß sie die Wurzeln S1 und S2 bevorzugen.

Megacauda:

Eine weitere occulte dysraphische Störung ist die Megacauda. Das Ende des Duralsackes liegt dabei in normaler Höhe. Vom 4. -5. Lendenwirbel ab ist der Wirbelkanal und der Caudasack jedoch hochgradig erweitert. Die Wirbelbögen können, wie PIA beobachtete, bis zu wenigen Millimetern dünn sein. Das epidurale Fett fehlt im Bereich der Auftreibung.

Occulte Meningocelen - Anteriore Meningocelen

Auch größere Durausstülpungen können verborgen bleiben. Der Caudasack weitet sich manchmal erst nach einer vorübergehenden Einengung am lumbosacralen Übergang im Sacralbereich wieder aus. In diesem Fall, wie auch bei kleinen Ausbuchtungen des Duralsackes in einen bestehenden Wirbelbogenspalt hinein, spricht man von occulter Meningocèle. Auf die vorübergehende Einengung des Caudasackes am lumbosacralen Übergang wiesen BAKER und WEBB hin. Die Einengung kann sehr ausgeprägt sein (1 cm) und die darunter liegende Weitung des

Subarachnoidalraumes kann bis zu 5 cm betragen. Auch nach ventral ins Becken hinein können Durausstülpungen vorkommen. Es handelt sich um die selten auftretenden anterioren Meningocelen auf der Grundlage von Spaltwirbelbildungen. Spaltwirbel haben allerdings ontogenetisch nichts mit der Gruppe der Rhachischisis zu tun (THÖNDURY). Wie die posteriore Meningocele lokalisiert sich auch die anteriore hauptsächlich im unteren Teil der Wirbelsäule, besonders im sacralen Abschnitt und bevorzugt deutlich das weibliche Geschlecht (51 : 6, CRAMER).

Raumfordernde Massen

Lipomata - Dermoidcysten

Intra- oder extradurale Lipomata können ebenso wie intra- oder extradurale Dermoidcysten mit Spina bifida occulta verbunden sein. Dabei können Verwachsungen mit dem Duralsack oder dem Rückenmark selbst bestehen.

Myofibrolipom

Das Füllgewebe, welches in den meisten Fällen den knöchernen Defekt bei der Spina bifida verschließt, ist oft mit dem Duralsack verwachsen und bildet eine mit dem Rückenmark verschmolzene, geschwulstähnliche Masse. Eine solche Ausgangssituation ist besonders dann gegeben, wenn die Ausdifferenzierung der formbildenden Gewebe (Medullarrohr, meningeale Häute, Wirbelbögen) verzögert ist und statt glatten Gewebegrenzen dieses undifferenzierte mesenchymale Füllgewebe die Lücken und Spalten einnimmt (HOFF, FISCHER, THURNER).

Verwachsungen - "Traction Bands"

Intradurale Adhäsionen des Rückenmarkes oder der Caudawurzeln an den Duralsack können entweder durch direkte Verwachsungen oder durch fibröse Bänder bestehen. Bei diesen Bändern - GRYSPEERDT bezeichnet sie als "Traction Bands" - handelt es sich um bindegewebige Verwachsungen der physiologischen Haltebänder, die von der dorsalen Seite des Rückenmarks zur Dura ziehen.

Occulte Fehlbildungen des Marks und seiner Wurzeln

Diastematomyelie

Als seltene Mißbildung tritt in Verbindung mit der Spina bifida occulta die Diastematomyelie auf. Ein an der Rückseite der Wirbelkörper ansetzendes, sagittal gestelltes, bindegewebiges Septum ragt in den Spinalkanal hinein. Dabei gibt es vom kleinen fibrösen Band bis zum groben fibrösen, knorpeligen oder knöchernen Septum alle Übergänge. Es hindert die Neuralrinne am Zusammenschluß zum Neuralrohr. Das Rückenmark bleibt in einen rechten und in einen linken Abschnitt geteilt, wobei jede Hälfte nur ein Vorder- und ein Hinterhorn enthält. Dazwischen liegt das später verknöchernde Septum. Der thorakale und der lumbale Abschnitt der Wirbelsäule ist am häufigsten betroffen. Die Diastematomyelie tritt gerne in Verbindung mit der Spina bifida auf, wobei sie jedoch nicht unbedingt auf derselben Höhe liegen muß, wie der Defekt der Wirbelbögen. In seltenen Fällen besteht Diastematomyelie, ohne daß ein sagittales Septum vorhanden ist.

Vorzeitiges Caudaende

Der Caudasack, der normalerweise bis zum 3. oder 4. Sacralwirbel reicht, endet hier schon am lumbosacralen Übergang. 5 von Durascheiden umgebene Stränge verlassen ihn. Die beiden äußeren entsprechen den Wurzeln S1. Nach medial folgen die Wurzeln S2, während der mittlere Strang die restlichen Sacralwurzeln aufnimmt. Nach Studium myelographischer und biptischer Befunde kommt PIA zur Überzeugung, daß die Scheiden keinen freien Liquorraum besitzen. Der Epiduralraum ist sehr weit und von lockerem Fettgewebe ausgefüllt. Die Anomalie tritt oft in Verbindung mit der Spina bifida occulta auf. PIA beobachtete bei 11 Fällen mit einem vorzeitigem Caudaende 5 mal gleichzeitig eine Spina bifida occulta.

Verklebungen und Anomalien von Caudawurzeln

Zuletzt sei noch erwähnt, daß im Zusammenhang mit einer Spina bifida occulta häufig arachnoidale Verklebungen der Caudawurzeln bestehen. Daneben können Nervenwurzelvariationen auftreten. Es können zwei Nervenwurzeln gemeinsam aus dem Rückenmark entspringen oder Nervenwurzeln doppelt angelegt sein. Nervenwurzeln können aber auch fehlen oder blind im myofibrolipomatösen Fettgewebe enden (HAUGE).

Mißbildungen, wie die Rhachischisis, sind nicht lebensfähig. Höhere Grade der Spina bifida schließen eine Lebensfähigkeit ebenfalls aus, zumal sie häufig mit anderen Anomalien, besonders Bauchspalte zusammen auftreten. Die leichteren Formen der Spina bifida, die mit dem Leben vereinbar sind, sind operabel, sie gehen jedoch zum Teil mit schweren neurologischen Störungen wie Arnold - Chiari - Deformität, Lähmungen des Beckenbodens, Blasen-Darmlähmungen, Enuresis und nervösen Störungen der unteren Extremität einher. Als Grund für diese Störungen

sind einmal die Mißbildungen am Mark selbst, von dem mehr oder weniger deformierte Wurzeln in die Peripherie führen, vor allem aber Irritationen von Mark und Wurzeln durch Druck oder Zug anzusehen.

Auch die occuluten Formen spinaler Dysraphie, die uns für die Besprechung der Myelographie interessieren, sind häufige Ursachen von neurologischen Störungen besonders der unteren Extremität. Von besonderem orthopädischen Interesse sind Kreuz- und Ischiasschmerzen dieser Genese. Diese neurologischen Störungen ergeben sich aus Mißbildungen des Marks und seiner Wurzeln selbst, sowie durch Beeinträchtigung und Schädigung von ursprünglich normalem Rückenmark und normalen Wurzeln. Die Beeinträchtigung kann auf zweierlei Art erfolgen. Einmal vermögen eine Reihe der occuluten dysraphischen Mißbildungen einen schädlichen Druck auf Mark und Wurzeln auszuüben. Cystische Erweiterungen können ebenso wie raumfordernde Massen in diesem Sinn wirken (ZEHNDER, WELLAUER). Ein weiterer Grund für die neurologischen Störungen ist in der Behinderung des physiologischen Rückenmarkaufstieges durch die beschriebenen Missbildungen zu sehen. Das Rückenmark ist ursprünglich so angelegt, daß es vom Abgang des ersten Cervicalnerven bis zum Schwanzende reicht. Diese Situation findet sich noch im 3. Fetalmonat. Im Laufe der Entwicklung kommt es dann zu einem ungleichen Wachstumstempo von Rückenmark und Wirbelsäule, sodaß der Conus medullaris im 6. Fetalmonat schon das obere Ende des Sacralkanals erreicht (BRANDT). Bei der Geburt liegt der Conus medullaris etwa in Höhe des 3. Lendenwirbelkörpers, während er sich beim Erwachsenen zwischen L2 und L3 befindet. Der Duralsack ascendiert ebenfalls. Bei einem Embryo von 41 mm Länge erreicht der Duralsack Co1 - Co2, bei 120 mm Länge etwa S1 und bei 138 mm Länge (15 Wochen) erreicht er etwa den unteren Teil von S2. Gerade bei diesem Status hat der Duralsack ungefähr dieselbe Lage, wie normalerweise beim Erwachsenen. Durch die meisten Fehlbildungen bei der

Spina bifida occulta vera kommt es zur Fesselung des Rückenmarkes oder des Duralsackes, sodaß ein freier Aufstieg des Rückenmarks nicht möglich ist. Als typische, das Rückenmark oder den Duralsack fesselnde Mißbildungen gelten das Sagittalseptum bei Diastematomyelie, Bandverankerungen und Verwachsungen (JAMES, LASSMAN). Der Ascensus von Rückenmark und Duralsack führt dann zu einem progredienten Zug mit Markirritationen und Wurzelzerrungen. In manchen Fällen ist das Rückenmark verlängert und reicht gelegentlich bis zum zweiten Sacralwirbel, sodaß die untersten Nerven rückläufig nach oben umbiegen müssen, um zu ihren Foramina intervertebralia zu gelangen.

6. Symptomatologie der occulten dysraphischen Störungen in den lumbosacralen Segmenten

Der Komplex der Spina bifida occulta mit ihren assoziierten Mißbildungen bietet in seiner Symptomatologie durch die Vielzahl der verschiedenen möglichen occulten dysraphischen Störungen ein buntes Bild. Man kann dabei eine urologische von einer orthopädischen Störungsform trennen. Die urologische Störungsform wird von HOFF, FISCHER und THURNER auf eine Irritation oder Dysplasie im Bereich der intermediären Ganglienkerndzone im Gebiet der medullaren Segmente L5-S2 bezogen, wo die primären Zentren des Beckenparasymphicus zu suchen sind. Für die orthopädische Störungsform machen diese Autoren Läsionen, sowohl an den Hinterhörnern, als auch an den hinteren Wurzeln verantwortlich. ZEHNDER teilt die Symptome in eine urologische, eine orthopädische Störungsform und in Mischformen ein.

Das besondere orthopädische Interesse am Komplex der spinalen Dysraphie gilt der orthopädischen Störungsform, die sich in Kreuz- und Ischiaschmerzen, myelodysplastischen Platt-, Klump- und Hohlfußbildungen, sowie in torpiden Fußgeschwüren äußert.

Myelokompressive Störungen

Verborgene Ausstülpungen des Duralsackes

Wurzeltaschen:

Wurzeltaschenerweiterungen wurden erstmals von MARBURG beschrieben. TARLOW erkannte ihre Bedeutung für das Ischias-Syndrom. PIA hat

76 Fälle von cystischen Wurzelscheiden im Lumbalbereich erfaßt. In etwa der Hälfte der Fälle verursachten die Cysten keine Beschwerden und in etwa 30 % der Fälle gar keine Symptome. Als Beschwerden wurden Kreuzschmerzen und Ischialgie angegeben. Als objektive Symptome waren zu finden: Blasen-Darmstörungen, motorische und sensible Ausfälle.

Tabelle 1 (nach PIA)

Symptome	Gesamt 76
Kreuzschmerzen akut	14
chronisch	32
Ischialgie einseitig	32
doppelseitig	11
Blasen-Darmstörung	8
Keine Beschwerden	28
Lumbalspasmus +	22
0	10
Motorische Ausfälle	16
Reflexabweichungen	31
Sensible Ausfälle S1	20
S2-5	12
Blasendarmstörungen objektiv	8
Keine Ausfälle	37

Megacauda:

Als Beschwerden beobachtete PIA chronische Kreuz- und Ischiasschmerzen, sowie angedeutete Blasenstörungen.

Occulte Meningocelen - anteriore Meningocelen:

Occulte Meningocelen können Kreuzschmerzen, Urininkontinenz und verschiedene neurologische Ausfälle verursachen (HAUGE).

Bei anterioren Meningocelen ist das erste Symptom meist ein praller, glatter Tumor im Becken. Im höheren Alter treten chronische Obstipation und Dysurie auf. Neurologische Störungen sind selten.

Raumfordernde Massen

Lipomata - Dermoidcysten:

Durch intra- oder extradurale Lipomata und Dermoidcysten kann eine Druckirritation von Mark- und Caudawurzeln entstehen. Störungen der Blaseninnervation und Dysfunktion der Beinmuskulatur können Folge dieser Mißbildungen sein (GRYSPEERDT). COWIE beschreibt einen Fall von intraduralem Dermoid verbunden mit Diastematomyelie, wobei wiederkehrende Meningitiden das Krankheitsbild beherrschten.

Myelofibrolipom:

Das Füllgewebe, welches bei der Spina bifida occulta den knöchernen Defekt in den Wirbelbögen verschließt, vermag schon durch Druck allein das Rückenmark und im Lumbalbereich austretende Wurzeln zu irritieren. Bedingt durch seine Lage zwischen oberflächlicher Fascie und Dura, kann das Füllgewebe bei verschiedenen Bewegungen, vor allem

beim Bücken, zu lokalen Kreuzschmerzen oder zu ziehenden Muskelschmerzen führen (HIPPEL, LEMBERG).

Manchmal sind ausstrahlende Schmerzen ins Gesäß und in die Oberschenkelmuskulatur festzustellen. Ferner besteht in diesen Fällen ein Druckschmerz an der Stelle, an der das Myofibrolipom den Wirbelbogendefekt deckt. Lasèque kann positiv sein, Reflexunterschiede und Sensibilitätsstörungen lassen sich gewöhnlich nicht nachweisen.

Spinalfortsatz des 5. Lendenwirbels:

Einen besonderen Mechanismus der Schmerzentstehung bei bestehendem Wirbelbogendefekt beschreibt DE ANQUIN. Dieser Mechanismus kann dann auftreten, wenn der 1. Sacral-Spinalfortsatz nicht angelegt ist und damit die physiologische Extensionssperre der Wirbelsäule durch Apposition der Spinalfortsätze von L5 und S1 fehlt. So kann der Spinalfortsatz des 5. Lendenwirbels auf die Stümpfe der Laminae oder auf das dazwischenliegende Füllgewebe drücken, was Kreuz- und Ischiasschmerzen zur Folge haben kann.

Myelodysplastische Störungen:

Verwachsungen

Verwachsungen des Duralsackes:

Der lumbale Duralsack kann mit dem fibrolipomatösen Füllgewebe oder mit einer Wand des Spinalkanals verwachsen sein. Dadurch kommt es zur Fesselung des duralen Endsackes und der Nervenwurzeln. Durch den Ascensus von Rückenmark und Dura ergeben sich besonders im 1. und 2. Wachstumsalter Markirritationen und Wurzelzerrungen, be-

vorzugt im Bereich der Cauda equina (SCHLEGEL). Das kann erhebliche, während des Wachstums progrediente, neurologische Störungen zur Folge haben. Da der Conus medullaris sensible und parasymphatische Ganglienzellgruppen enthält, deren Faserelemente von der Cauda equina geführt werden, können urologische Störungen auftreten. Von großem orthopädischen Interesse ist, daß sich durch Markirritationen und Wurzelzerrungen erhebliche Störungen des neuromuskulären Gleichgewichtes am Fuß einstellen können (SCHLEGEL). Unbestimmte Fußschmerzen, myelodysplastische Klauen- und Hohlfüße, aber auch Fußfehlformen, die im allgemeinen in die Gruppe der Senkfüße eingeordnet werden, konnten beobachtet werden. Auch Kreuzschmerzen und "Schmerzen tief im Rücken" wurden in diesem Zusammenhang beschrieben (HOFF, FISCHER, THURNER).

Verwachsungen des Rückenmarks - "Traction Bands":

Die Fesselung des Rückenmarks und der Caudawurzeln an den Duralsack kann durch direkte Verwachsungen oder durch fibröse Bänder ("Traction Bands") erfolgen (GRYSPEERDT, ZEHNDER). Beim ungleichen Wachstumstempo von Rückenmark und Duralsack kann es auch hier zu Mark- und Wurzelirritationen kommen. Als Folgen dieser Mißbildungen ergeben sich Kreuzschmerzen und myelodysplastische Fußdeformitäten.

Occulte Fehlbildungen des Marks und seiner Wurzeln

Diastematomyelie:

Bei der Diastematomyelie verhindert ein Bindegewebskamm den Schluß des Neuralrohres und den Aufstieg des Rückenmarks. Aus dieser Mißbildung resultieren klinische Symptome, die erst im Wachstumsalter (um das 5. Lebensjahr) manifest werden. Hyposensibilität, Schmerzen

und Reflexsteigerungen an der unteren Extremität, Paresen im Bereich der Beine, Fußdeformitäten und torpide Fußgeschwüre sind Folgen dieser Fehlbildung. JAMES und LASSMAN haben 24 Fälle mit nachgewiesener Diastematomyelie nach Symptomen erfaßt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Blasen- und Mastdarmstörungen gehören nicht zum typischen Bild der Diastematomyelie (GERLACH, MÜLLER, SPULER). FRANCESCON beschrieb ein vollständiges Cauda-syndrom, subarachnoidale Blutungen mit epileptiformen Anfällen, Steigerung des Liquordruckes und xanthochromer Verfärbung des Liquors.

Tabelle 2 (nach JAMES und LASSMAN).

Symptome	Anzahl der Fälle
Pes cavovarus	14
davon mit Ulceration	5
Pes valgus	4
Hautmanifestationen	4
Schlechte Zirkulation in den Beinen	1
Schmerzende Beine	1
Gesamt	24

Vorzeitiges Caudaende:

Bei 11 von PIA beschriebenen Fällen mit einem vorzeitigen Caudaende lagen chronische und rezidivierende Ischiasbeschwerden, sowie ein sensibles S1-Syndrom vor.

Verklebungen und Anomalien von Caudawurzeln:

Arachnoidale Verklebungen vermögen beim Aufstieg des Rückenmarks eine schädliche Zugwirkung zu entwickeln, welche Fußdeformitäten zur Folge haben kann. Von geringer klinischer Bedeutung sind die Nervenwurzelvariationen, da sie meist keine Beschwerden machen. Fehlen dagegen Nervenwurzeln oder enden sie blind in einem Myofibrolipom, so ergeben sich je nach Umfang der Mißbildung neurologische Ausfälle der Blaseninnervation, Störungen der Innervation des Beckenbodens und der unteren Extremität.

Occulte dysraphische Fehlbildungen können bestehen, ohne daß Symptome oder Beschwerden auftreten. Selbst schwere Fälle von Spina bifida wie Meningocele und Myelomeningocele können beschwerdefrei sein.

SCHWIDDE berichtet über ein Krankengut von 199 Patienten mit spinaler Dysraphie. Von den Kindern mit Meningocele und Myelomeningocele wurden 20 % von den Eltern als gesund betrachtet, da sie keine Folgen ihrer Anomalie zeigten.

7. Demonstration von krankhaften Befunden bei der Röntgenkontrastdarstellung

Wurzeltaschenerweiterungen: Das normale Röntgenbild ergibt oft keine Veränderungen am Skelett der lumbalen oder sacralen Wirbelsäule. Mitunter deckt es den knöchernen Defekt einer bestehenden Spina bifida occulta auf. Mit Hilfe der Myelographie können Wurzelcysten aufgedeckt werden, weil die erweiterte Wurzeltasche einen freien liquorhaltigen Subarachnoidalraum besitzt, in den das Kontrastmittel eindringen kann (Abb. 2).



Abb. 2 (nach WELLAUER)

Wurzeltaschenerweiterungen
Abrodilmyelogramm Aufnahme 4.

Occulte Meningocele - anteriore Meningocele:

Verborgene, mit dem Röntgenbild nicht fassbare Meningocelen können durch die Röntgenkontrastdarstellung aufgedeckt werden. Bei anterioren Meningocelen ist im Röntgenbild nur der knöcherne Defekt erkennbar, während besonders bei der positiven Myelographie die vom Kontrastmittel erfüllte Ausstülpung des Duralsackes gut erkennbar ist (Abb. 3, 4, 5).

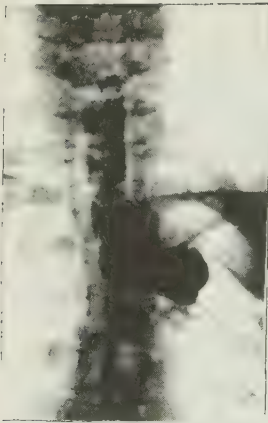


Abb. 3 (nach WELLAUER)
Pantopaque-Myelogramm bei
großer paravertebraler intra-
thorakaler Meningocele.



Abb. 4 (nach SWEDBERG)
Myelomeningocele; Gas-Mye-
logramm, laterale Schicht-
aufnahme.



Abb. 5 (nach HAUGE)
occulte Meningocele
Jodöl-Myelogramm,
Seitenaufnahme.

Tiefstehender Conus medullaris

Für die myelographische Beurteilung von Beeinträchtigungen des Rückenmarks oder der Cauda durch Bandverankerungen, Verwachsungen, Diastematomyelie, durch Druckeffekt einer assoziierten lipomatösen Masse oder eines intra- oder extraduralen Dermoids ist die Demon-



stration eines Conustiefstandes von außerordentlicher Bedeutung (Abb. 6). Auch die myelographische Demonstration eines ausgeprägten, abnorm tiefstehenden Bildes der A. spinalis kann ein Zeichen für eine occulte Mißbildung im Spinalkanal sein (BOCCACCIO, SASSAROLI). GRYSPEERDT, der über 51 Patienten mit Verdacht auf Spina bifida occulta vera myelographierte, fand myelographisch mehrmals keine anderen Abnormitäten als einen Conustiefstand. Aber gerade bei diesen Patienten enthüllten nachfolgende Operationen stets eine Läsion im Gebiet des Conus medullaris oder der Cauda equina.

Abb. 6 (nach GRYSPEERDT)

Pantopaque-Myelogramm eines tiefstehenden Conus medullaris.

Raumfordernde Massen

Raumfordernde Massen, wie sie sich bei der Spina bifida occulta finden, sind myelographisch als Füllungsdefekte erkennbar. Zur Abgrenzung ist hierbei die Seitenaufnahme unentbehrlich (Abb. 7 a und b).

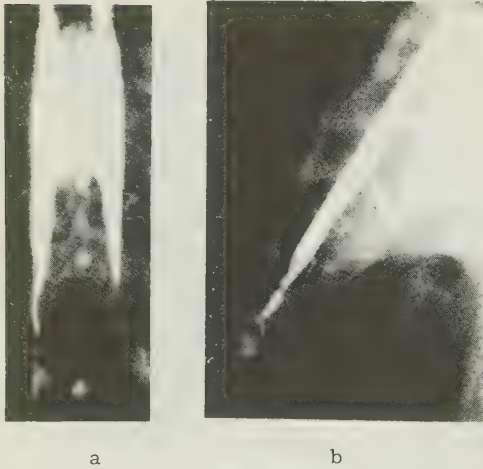


Abb. 7 (nach GRYSPEERDT)

Pantopaque-Myelogramm,
Intradurales Lipom

a) Aufnahme vorne

b) Seitenaufnahme

Verwachsungen - "Traction Bands".

Zugbänder, die vom Rückenmark zur Dura ziehen, können unter Umständen als einzelne oder multiple Aufhellungen innerhalb des Kontrastmittels im Pantopaquemyelogramm in Rückenlage entdeckt werden. Von einem unverknöcherten Septum, das den Spinalkanal teilt, kann ein Zugband dadurch differenziert werden, daß es sich nur bei der Überprüfung der Durahinterwand zeigt, während ein Sagittalseptum als Füllungsdefekt beim Myelogramm in Bauchlage und in Rückenlage zu sehen ist.

(Abb. 8 a, b, c).

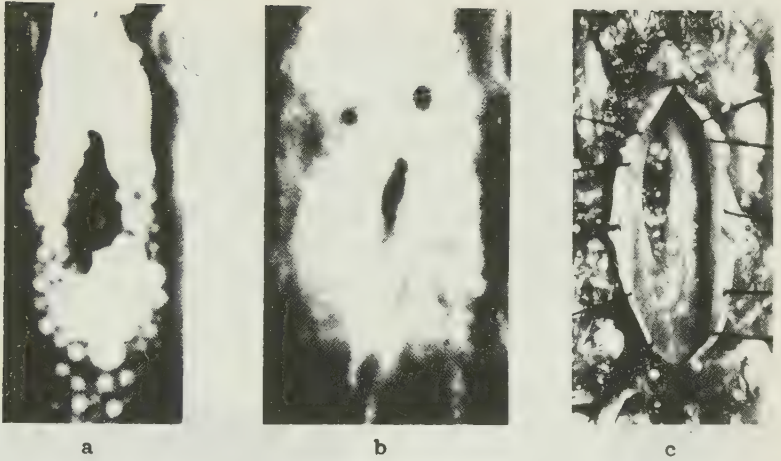


Abb. 8 (nach GRYSPEERDT)

- a) Pantopaque-Myelogramm in Bauchlage - Füllungsdefekt durch ein Sagittalseptum.
- b) Pantopaque-Myelogramm in Rückenlage - Füllungsdefekt durch das Sagittalseptum, darüber kugelige Aufhellungen ("Traction Bands").
- c) Photographie bei der Operation.

Im illustrierten Fall (es handelt sich um ein sechsjähriges Mädchen) Abb. 8, wird ein unverknöchertes Sagittalseptum über dem Niveau des Conus medullaris demonstriert. Unmittelbar über dem Sagittalseptum sind kleine, gerundete Aufhellungen zu sehen. Bei der Operation wurden sie als Zugbänder bestätigt, die hinter dem Rückenmark zur Dura zogen.

Diastatomyelie

Einem sagittalen Septum im Spinalkanal muß besondere Beachtung geschenkt werden. Liegt es höher als der Conus medullaris, so zeigt es die Teilung der Meningen in zwei meningeale Röhren und Diastatomyelie an. Wenn das Septum schmal ist, kann es leicht übersehen werden. Die Myelographie muß sorgfältig durchgeführt und mit Schichtaufnahmen ergänzt werden. Größere verknorpelte und verknöcherte Sagittalsepten vermag die Tomographie allein ohne Kontrastfüllung aufzudecken (Abb. 9 a und 9 b).

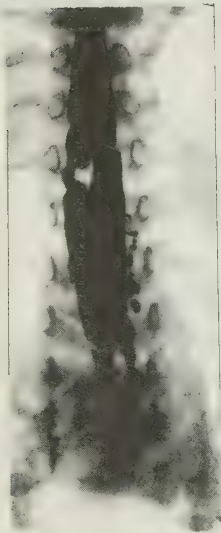


Abb. 9 a (nach WELLAUER)

Pantopaque-Myelogramm eines teilweise verknöcherten Sagittalseptums mit Diastatomyelie

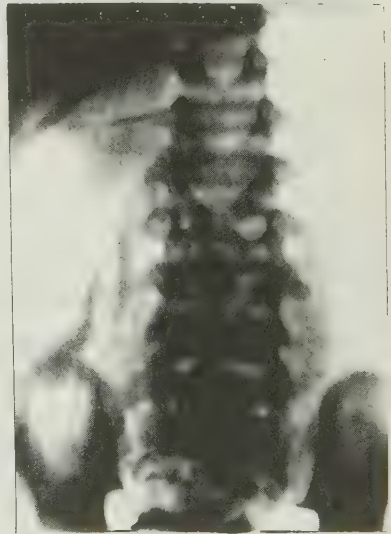


Abb. 9 b (nach WELLAUER)

Einfaches Tomogramm des gleichen Falles wie Abb. 9 a

Verklebungen und Anomalien von Caudawurzeln

Für die Breite des normalen Filum terminale gibt GRYSPEERDT auf Grund von Untersuchungen normaler Myelogramme als Maximum 2 mm an. Bei anormalem Conustiefstand erscheint das Filum terminale häufig breiter als 2 mm. Dieser Befund weist auf mögliche Verklebungen und Verwachsungen von Caudawurzeln mit dem Filum Terminale hin (Abb. 10).



Abb. 10 (nach GRYSPEERDT)

Abnorme Verbreiterung des
Filum terminale. -
Pantopaquemyelogramm.

8. Diskussion der diagnostischen Bedeutung; therapeutische Hinweise aus der Literatur und literarische Kasuistik

Für die exakte Diagnostik occulter Fehlbildungen des Rückenmarks, seiner Wurzeln und Hüllen ist die Myelographie ein wertvolles Hilfsmittel geworden. Bogenschlußstörungen und knorpelige oder verknöcherte Sagittalsepten können durch die normale Röntgentechnik mit Hilfe der Tomographie aufgedeckt werden. Die übrigen occulenten Fehlbildungen sind mit dieser Methode nur unsicher oder gar nicht faßbar. Für die Feststellung der genauen Lokalisation und Ausdehnung solcher Mißbildungen gewinnt die Myelographie eine besondere Bedeutung. Vom diagnostischen Standpunkt aus ist die positive Myelographie der negativen überlegen, obwohl bei der Gasmyelographie Übersichtsaufnahmen der ganzen Wirbelsäule möglich sind. Die diagnostische Sicherheit der Gasmyelographie wird durch den geringen Kontrast, den das injizierte Gas gegenüber den angrenzenden Weichteilen gibt, stark eingeschränkt (GROTE). Die Darmbeinschaukeln überlagern bei seitlicher Aufnahme den Lumbalkanal bis zur Höhe des 4. Lendenwirbelkörpers, was gerade für die Beurteilung von Anomalien im Caudabereich eine große Fehlermöglichkeit bedingt (REINHARDT, PANTER). BREIT und WIEDENMANN berichten über Gasmyelographien bei Zuhilfenahme der Tomographie. Von den Patienten mußten fast 10 % zur weiteren Klärung der positiven Myelographie zugeführt werden. Besonders kleinere intraspinale Strukturen sind bei der Gasmyelographie leicht zu übersehen. Demgegenüber betont SWEDBERG die diagnostische Sicherheit der Gasmyelographie bei der Feststellung der Ausdehnung offenkundiger Meningocelen und Myelomeningocelen.

Die Abrodilmyelographie wird vor allem zur Diagnose von Bandschei-

benvorfällen angewendet. Die Angaben über die diagnostische Sicherheit schwanken zwischen 86 % (WORINGER und LANGS) und 99 % (NOTTER). Zur Feststellung occulter Formen spinaler Dysraphie im Lumbalbereich eignet sich die Abrodilmyelographie ebenfalls. Für die Diagnose von Wurzelcysten ist Abrodil besonders gut geeignet. Düninflüssiger noch als Pantopaque, vermag es sehr gut in die Wurzeltaschenerweiterungen einzudringen und da es gut kontrastiert, entstehen klare Bilder. Die Wahl von Abrodil zur Diagnose von Wurzelcysten ist umsomehr berechtigt, als die cystischen Erweiterungen vorwiegend im Lumbalbereich der Wirbelsäule vorkommen (WELLAUER). Die von PIA zusammengestellten Fälle waren Zufallsbefunde und wurden in 80 % der Fälle durch die Myelographie aufgedeckt. Neben den wasserlöslichen Kontrastmitteln dringt aber auch Pantopaque zum Teil mühelos in die Wurzelaschen ein und kann Erweiterungen gleichfalls gut darstellen. Für die Darstellung höherliegender Fehlbildungen und Prozesse zu der die Abrodilmyelographie nicht herangezogen werden kann, ist unter den positiven Kontrastmitteln Pantopaque das Mittel der Wahl. Aber auch zur Diagnose der tiefgelegenen occulter spinalen Fehlbildungen hat sich Pantopaque gut bewährt. Es kann besser als Abrodil bei Kindern angewandt werden, die doch den Hauptteil der Patienten darstellen und liefert sehr gute Kontrastaufnahmen. Allerdings bereitet seine ölige Konsistenz manchmal Schwierigkeiten bei der Detailinterpretation intraduraler Strukturen, wenn es in kleinste Tröpfchen zerstäubt. Mit der Emulsierung des Kontrastmittels in cerebrospinaler Flüssigkeit vor der Injektion, wie sie BLEASEL beschreibt, machte GRYSPEERDT gute diagnostische Erfahrungen. Zum Studium des filum terminale, der Lage des Conus medullaris und zur Identifizierung von Bändern und Verwachsungen der Durahinterwand ist die Pantopaque-Myelographie in Rückenlage erforderlich.

Um Fehler bei der myelographischen Beurteilung spinaler Mißbildungen

auszuschalten, ist die richtige Indikation zur Durchführung einer myelographischen Untersuchung von Bedeutung. GRYSPEERDT hat an 51 Patienten mit Verdacht auf occulte spinale Fehlbildungen die Pantopaque-Myelographie durchgeführt. Voraussetzung für die Auswahl war ein definitiv nachgewiesener Wirbelbogendefekt. Von diesen Patienten unterzogen sich 40 der Operation und nur bei zwei Patienten wurden keine Fehlbildungen entdeckt. Bei diesen beiden Patienten waren die Myelogramme normal gewesen. In 14 Fällen wurde die Diagnose Sagittalseptum verbunden mit Diastematomyelie bestätigt, obwohl durch Röntgenübersichtsaufnahmen nur in sechs Fällen ein knöchernes Septum nachweisbar war.

Als Therapie der Schädigungen und Beschwerden, die durch occulte Formen spinaler Dysraphie verursacht werden, wird heute allgemein die Operation angesehen. Die Laminektomie und die Beseitigung der occulten myelokompressiven und myeloadhäsiven Mißbildungen vermag die Beschwerden häufig zu beseitigen, zumindest erheblich zu lindern.

Die Indikation zur Operation stellen JAMES und LASSMAN, wenn folgende Dinge zusammentreffen:

1. Ganganomalie, progressive Fußdeformität oder neurologische Ausfälle.
2. Spina bifida
3. Myelographisch dargestellte Abnormität oder myelographisch dargestellter Conus-Tiefstand im Zusammenhang mit anderen Symptomen, die für eine lumbosacrale Schädigung sprechen.

Bei myeloadhäsiven Störungen, besonders bei Diastematomyelie, ist eine möglichst frühzeitige Diagnose angezeigt, um beim heranwachsenden Kind durch rechtzeitiges operatives Eingreifen neurologische Ausfälle und Fußdeformitäten zu verhindern (ZEHNDER, WEBER).

Die Therapie des myelodysplastischen Hohlfußes muß nach Ansicht von SCHLEGEL in der Beseitigung der Adhärenzen und Kompressionen bestehen. Seine Erfolge sind vielversprechend: Von 12 Patienten zeigten 5 nach der Operation eine sichere Besserung. Weitere 5 konnte SCHLEGEL bis zum Zeitpunkt seiner Veröffentlichung noch nicht beurteilen.

Nach Angaben von LEMBERG verschwinden trophische Fußgeschwüre nach der Operation meist schlagartig.

Bei eindeutigen Wurzelverdickungen, die im Zusammenhang mit einer Caudaanomalie auftreten können, führt PIA die Wurzelresektion durch. Dadurch können nach seinen Angaben Schmerzen beseitigt werden, ohne daß es zu nennenswerten neurologischen Ausfällen kommt. Mißbildungen an den Wurzelscheiden allein hat PIA durch Abtragung der Scheiden mit gutem therapeutischen Erfolg angegangen.

Bei den durch ein Myofibrolipom verursachten Kreuzschmerzen hat die operative Entfernung des Füllgewebes guten therapeutischen Erfolg (LEMBERG, HIPPE, HOFF, FISCHER, THURNER).

Unter den von DE ANQUIN beschriebenen Fällen von Spina bifida occulta mit Bogendefekt bei S1 unterzogen sich 11 der Operation. Die Operationserfolge sind aus Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle 3 nach DE ANQUIN

Ausgezeichnet (ohne Symptome)	8
Gut (wenige Symptome in der Lumbosacralregion)	2
Mäßig (einige Lumbosacralschmerzen)	1

Literarische Kasuistik

Fall 1 nach HAUGE: 16 jähriger Knabe mit unfreiwilligem Harnlassen seit Geburt, gekräuseltm und halbkreisförmigem Haarwuchs in der Lumbosacralregion, beidseitigen Paresen der unteren Extremität, Klumpfüßen und Sensibilitätsverlust in der Sattelregion.

Die Röntgenuntersuchung zeigte eine ausgedehnte lumbosacrale Spina bifida bis in Höhe des 4. Lendenwirbels.

Die positive Kontrastmyelographie mit wasserlöslichem Kontrastmittel enthüllte das Fehlen der Nervenwurzeln, welche die Cauda equina bilden, Erweiterung des Duralsackes und seine enge Beziehung zur Wand des Wirbelkanals auf der linken Seite. Die positive ölige Kontrastmyelographie zeigte ebenfalls engen Kontakt des Duralsackes mit der Wand des Wirbelkanals, sowie das Vorhandensein von Wurzelaschen auf der linken Seite, während sie auf der rechten Seite fehlten. Eine Meningocele wurde bei der Seitenaufnahme entdeckt.

Operation: Man fand das Rückenmark in der Sacralregion festgehalten und von Fettgewebe umgeben. Nach Entfernung des Fettgewebes sah man, daß der untere Teil schrittweise in diesem Gewebe endigte. Das Fehlen der Cauda equina war somit erklärt und die myelographischen Befunde wurden bestätigt. Die Sacralwurzeln waren links vorhanden, fehlten jedoch rechts völlig. Durch die Fesselung des Rückenmarks in der Sacralregion verliefen die Lendennervenwurzeln in cranialer Richtung, um zu den Foramina intervertebralia zu gelangen.

Das Filum terminale wurde freigelegt und der Patient machte eine komplikationslose Rekonvaleszenz durch. Am 4. Tag nach der Operation wurde erstmals Kontrolle über das Wasserlassen gewonnen.

Fall 2 nach SEAMAN und SCHWARTZ: Ein 39-jähriger Mann suchte den Arzt auf, weil er seit 6 Monaten unter einer beiderseitigen Lendensteifigkeit litt, die gelegentlich von Paraesthesien begleitet war. In den letzten 2 Jahren hatte er gelegentlich starke Schmerzen in der unteren Lendengegend wahrgenommen, für die er keine Verletzungen verantwortlich machen konnte. Nach seinen Angaben bestand eine Atrophie des rechten Beines und eine schwache Kyphose seit Kindheit. Die Paraesthesien betrafen die beiden unteren Extremitäten. Beim Gehen bestanden keine Schwierigkeiten, jedoch bei längerem Stehen und beim Aufstehen nach längerem Sitzen. Die klinische Untersuchung zeigte eine schwache Kyphose und einige Atrophie des rechten Beines. Die Liquorentnahme war ohne Befund, die Reflexe mit Ausnahme des linken Achillessehnenreflexes normal.

Röntgenaufnahme: Erweiterung des Spinalkanals vom 2. - 11. Thorakalwirbel. Die ersten 8 Brustwirbel waren nicht segmentiert. In der a.p.-Aufnahme wurde ein verknöchertes Sagittalseptum im weitesten Teil des Spinalkanals entdeckt, konnte bei der Seitenaufnahme jedoch nicht sicher identifiziert werden. Die Röntgendiagnose Diastematomyelie wurde gestellt und zur Erhärtung die Pantopaquemyelographie durchgeführt.

Myelographie: Ovaler Füllungsdefekt, der einen dichten zentralen Streifen aufwies und als verbreitertes Rückenmark angesehen wurde. Hinter dem Rückenmarksschatten ein Divertikel, das man als mögliche Meningeal-duplikatur ansah. Auch hier kam man zur Diagnose Diastematomyelie.

Operation: Totale Laminektomie der ersten Thorakalwirbel. Die Wirbel waren geschlossen, der Spinalfortsatz des 5. Thorakalwirbels war mit einem großen Knochenseptum verwachsen (Ausdehnung 1,5 x 0,5 cm), das sich durch die Dura hindurch erstreckte. Das Rückenmark war von Th2 - Th7 durch das Septum vollständig gespalten. Ein ähnliches knöchernes Septum dehnte sich vom Dorn des 4. Thorakalwirbels aus, das die Dura allerdings nicht durchbohrte. Das große Septum beim Th5 wurde entfernt.

Befriedigender Heilverlauf. Die Hypaesthesien verschwanden und der linke Achillessehnenreflex wurde normal. Der Patient nahm seine Arbeit ohne irgendwelche Beschwerden wieder auf.

Fall 3 nach MÜLLER: Ein 10-jähriger Knabe wurde zum Arzt gebracht, weil er sich vor einiger Zeit den "rechten Fuß vertreten" hatte und "seitdem hinkte".

Die klinische Untersuchung ergab eine Atrophie des rechten Beins mit 1,5 cm Differenz gegenüber links. Außerdem bestand rechts eine Atrophie der Mm. gluteus maximus und medius, sowie eine Schwäche bei Zehen- und Hackengang. Die Reflexe waren normal.

Röntgenaufnahme: Spina bifida bei L5, S1 und S2. Lumbalisation von S1. Erweiterung des Canalis spinalis von L4 abwärts. Dornfortsätze von L5 und S1 nicht erkennbar.

Luftmyelographie: Verengung des Lumbalsackes ab L4. Unterbrechung der Luftsäule von S1 und erneute Füllung von S3. Im sagittalen Durchmesser ist ab L4 der Duralsack stark erweitert. Diagnose: Extradurale, wahrscheinlich lipomatöse Neubildung.

Laminektomie bei L4 und L5. Die Dornfortsätze von L5 und S1 sind knorpelig angelegt. Starkes Fettgewebe mit Verdrängung der Dura. Verdickung der Nervenwurzeln L4 und L5. Ein Bindegewebszug, der über die Wurzel L5 rechts verlief, wurde resiziert. Postoperativer Verlauf komplikationslos.

Nachuntersuchung: Nach 10 Wochen war die gesamte neurologische Symptomatik verschwunden und die Umfangdifferenz beider Beine völlig ausgeglichen. Kein Hinken oder Umknicken mehr. Reflexe seitengleich normal.

9. Die Orthopädischen Interessen an den occulten dysraphischen Fehlbildungen der lumbosacralen Segmente und an der röntgenologischen Kontrastdiagnose

Faßt man die orthopädische Störungsform der Spina bifida occulta und ihrer assoziierten Mißbildungen nach den beschriebenen Symptomen zusammen so ergeben sich nach HACKENBROCH und ZEHNDER als Folgen:

1. Kreuz- und Ischiasschmerzen
2. Paraesthesien, Paresen an den Beinen, sowie Fußgeschwüre
3. Fußdeformitäten.

Kreuz- und Ischiasschmerzen

Die häufigste Ursache des Kreuz- und Ischiasschmerzes stellt die Diskushernie dar. Jedoch ist der Anteil der Spina bifida occulta vera am Kreuz- und Ischiasschmerz nicht zu übersehen. Nach Angaben von HADLEY klagen etwa 4%, nach Untersuchungen von LEMBERG 24% der Patienten mit einer Spina bifida occulta vera über Kreuzschmerzen. Nach PIA besteht besonders bei chronischen Fällen von Kreuz- und Ischiasschmerz Verdacht auf Wurzel- und Wurzelscheidenveränderungen. Auch das die Wirbelbogenspalte ausfüllende Myofibrolipom ist eine Ursache von Kreuzschmerzen bei der Spina bifida occulta vera (HIPP). Neben dem beschriebenen Zerrungsmechanismus durch Adhäsionen von Mark- und Wurzeln misst LEMBERG der Kompressionswirkung eines Lipoms auf den N. sinuvertebralis eine besondere Bedeutung als Kreuzschmerzursache bei. Die bevorzugte Irritation der Wurzel S1 bei occulter spinaler Dysraphie erklärt PIA mit seiner funktionell dynamischen Ischiasstheorie folgendermaßen:

Die Wurzel S1 sei infolge großer Beweglichkeit im lumbosacralen Wirbelsäulenabschnitt in besonderem Maße beansprucht. Bei Vorliegen einer Fehlbildung führen physiologische Bewegungen zu einer chronischen Irritation und zu einer Verschielung der Scheiden.

Diesen mehr lokalen Störungen stehen die von SCHLEGEL als Fernsymptome bezeichneten neurologischen Störungen am Bein und Fußdeformitäten gegenüber. Für diese Störungsformen machen SCHLEGEL und ZEHNDER neben Mißbildungen an Mark und Wurzeln vor allem Fehlbildungen verantwortlich, die im Sinne einer Adhäsion den physiologischen Ascensus des Rückenmarks hemmen. (*Spina bifida occulta myeloadhaesiva*). Diese adhaerenten Störungen äußern sich oft nach einem störungsfreien Intervall von mehreren Jahren am Ende der Wachstumsperiode mit langsam progredienten Störungen. Manchmal treten die Erscheinungen auch später auf, häufig im Anschluß an ein Trauma, das die Wirbelsäule betrifft und einen übermäßigen Biegungsmechanismus auslöst (Schädigung infolge Dehnung des durch Adhaerenzen starr fixierten Rückenmarkendes). Je nach Umfang der Mißbildung und der Progredienz des Zuges, wonach ZEHNDER in ein Reizstadium, Lähmungsstadium und Spätstadium unterscheidet, ergeben sich Paraesthesien, Paresen, Fußgeschwüre und Fußdeformitäten.

Paraesthesien

Das Anfangsstadium (Reizstadium), bei dem durch den beginnenden Zug eine Reizwirkung auf Mark und Wurzel ausgeübt wird, äußert sich in Paraesthesien. Sie treten entsprechend den Sacralsegmenten besonders an Fuß- und Wadenußenseiten auf und werden in den Symptombildern eines "Pseudorheumatismus" mit spannenden Schmerzen paraesthetischer Art, Kribbeln und Ameisenlaufen beschrieben.

Paresen

Bei fortschreitendem Wachstum und Verstärkung der Zugwirkung treten im Lähmungsstadium Paresen, vor allem aber Anaesthesien im Bereich der Ausbreitungsgebiete der Sacralnerven auf.

Fußgeschwüre

Im Spätstadium entwickeln sich als Zeichen einer vegetativen Irritation (SCHLEGEL) neurotrophische Störungen der Haut und des Skeletts als neurotrophische Ulcera der Haut (Mal perforant du pied) und Decalzifizierung der Knochen.

Druckirritationen durch Lipomata und Dermoidcysten können ebenfalls zu progredienten Paraesthesien und Paresen an den Beinen führen. Bei Mißbildungen des Marks und seiner Wurzeln fehlt der progrediente Charakter der neurologischen Ausfälle.

Fußdeformitäten

Von besonderem orthopädischen Interesse sind progrediente Fußdeformitäten myelodysplastischer Genese. Für die normale Entwicklung des Fußes spielt das tonische Gleichgewicht zwischen der Extensorengruppe, der Flexorengruppe und der Fibularisgruppe am Unterschenkel, sowie zwischen den Gruppen der Fußmuskulatur eine wichtige Rolle. Mißbildungen am Lumbalmark und seinen Wurzeln können zu Lähmungen einzelner Fußmuskeln und einer dieser Gruppen führen, woraus im Laufe des Wachstums durch den Hypertonus der anderen Muskelgruppen myelodysplastische Fußfehlformen resultieren. SCHLEGEL betont, daß auch ohne eine

primäre Mißbildung des Markes allein durch die Zerrung neuraler Elemente ohne Lähmungen Fußdeformitäten entstehen können. Nach seiner Ansicht sind die Fußdeformitäten im Zusammenhang mit Spina bifida occulta vera Ausdruck einer Störung des Reflex- und Tonusapparates, wenn sich nicht reine Ausfallsherde der disseminierten Lähmungsbezirke an der unteren Extremität finden lassen. Der funktionelle Wuchsreiz läuft dann ganz anders ab. Hinzu kommt, daß die Fesselung des duralen Endsackes und der Nervenwurzeln mit den damit verbundenen Irritationen von Mark und Wurzeln das neuromuskuläre Gleichgewicht am Fuß ebenfalls erheblich stören. So entstehen der myelodysplastische Hohlfuß, Hakenfuß und Spitzfuß mit Valgus- oder Varusdeformität.

Unter den Fußdeformitäten dysraphischer Genese tritt der Hohlfuß ausgesprochen bevorzugt auf. M. LANGE bezeichnet die Myelodysplasie als eine der häufigsten Ursachen für den Hohlfuß. Am Fuß liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Gelenklage und Muskelverteilung (Übergewicht der Flexoren) zur Entstehung eines Spitz-Hohlfußes mit Varusdeformität äußerst günstig und es bedarf nur geringer nervaler Fehlsteuerung, um den Wuchs in Richtung des neurotischen, progredienten Klauenhohlfußes ablaufen zu lassen. Erste Symptome treten meist zwischen dem 4. und 6. Lebensjahr auf. Auffallend ist die Häufigkeit trophoneurotischer Fußgeschwüre beim Klauenhohlfuß. In der aufgeführten Tabelle 2 nach JAMES und LASSMAN traten unter 14 Hohlfußbildungen 5 mit trophoneurotischen Ulcerationen auf.

Seine Ansicht, daß die Entwicklung des progredienten Klauenh. Fußes der Steuerung durch das Vegetativum unterliegt, begründet SCHLEGEL mit 3 Beobachtungen:

1. Einseitige Fußdeformität mit dort oszillographisch nachweisbaren

Minderdurchblutungen und Hauttemperaturen, die am Fuß um 2-3° differieren.

2. Doppelseitige neurotische Fußdeformität mit Mal perforant du pied auf einer Seite. Diese Seite weist an dem Ulcusfuß eine Mindertemperatur bis max. 7° auf, am Oberschenkel differieren die Werte nur noch um zehntel Teilstriche. Auch im Oszillogramm kann die verminderte Durchblutung objektiviert werden.
3. In einem weiteren Fall laufen über das Fußskelett außer der Osteomyelitis des Fersenbeins bei Sohlenulcus noch dystrophische Vorgänge.

Die übrigen Fußfehlformen stehen zahlenmäßig hinter dem Hohlfuß zurück. Bei einem Ausfall oder bei Hypotonus der vom N. fibularis versorgten Muskeln kann ein Klumpfuß entstehen, der ebenfalls mit trophischen Störungen einhergehen kann. Schädigungen der Innervation der gewölbeerhaltenden Muskeln (M. tibialis anterior und M. tibialis posterior) können zum myelodysplastischen Plattfuß führen.

LEMBERG fand unter 216 Fällen mit Bogenschlußstörung 13 Fußdeformitäten. Davon trat der Hohlfuß in über 50 % auf. Die genaue Verteilung ist aus Tabelle 4 zu ersehen.

Tabelle 4 (nach LEMBERG)

Hohlfuß	7	Kontrakter Plattfuß	1
Knickfuß	1	Pes adductus	1
Klumpfuß	1	Hoher Spitzfuß	1
		Multiple Sklerose mit multiplen Fußfehlbildungen	1

Kontrastdiagnose

Der Erfolg, den Operationen der occulenten Fehlbildungen am Lumbalmark gezeigt haben, hat auch das Interesse für die exakte Diagnose der Fehlbildungen nach Art und Lokalisation geweckt. Während mit einfachen Röntgenaufnahmen nur die Bogenspalte, bestenfalls mit Hilfe der Tomographie ein knöchernes oder knorpeliges Septum bei Diastematomyelie diagnostiziert werden kann, sind mit den Röntgenkontrastverfahren subtile Fehlbildungen zu erkennen. Damit wird es möglich präoperativ die Spina bifida occulta von der Spina bifida occulta vera zu unterscheiden, was vorher nur operativ gelang.

In der Orthopädie hat die Myelographie für die präoperative Differentialdiagnose von Fußfehlformen Bedeutung erlangt. Da vor allem bei Kindern eine Wirbelbogenspalte recht häufig vorliegt, ist die Differentialdiagnose zwischen Störungen myelodysplastischer Genese und Störungen anderer Genese oft schwierig. Bei Kindern führt eine Ossifikationsverzögerung häufig zu einer harmlosen Bogenspalte. Werden in einem solchen Falle angeborene oder erworbene Fußdeformitäten manifest, so wäre die Wirbelbogenspalte hier ein Nebenfund und die übliche Therapie angezeigt. Liegt dagegen eine Fußdeformität auf Grund von assoziierten Mißbildungen einer Spina bifida occulta vera vor, so wäre eine lokale Therapie zwecklos; damit würde kostbare Zeit vergeudet. In diesem Falle ist die kausale Therapie im Sinne der Operation möglichst vor Eintritt von Mark- und Wurzelschädigungen notwendig.

Eine weitere Bedeutung kommt der Myelographie in der Orthopädie bei der Feststellung der Ursachen von Kreuz- und Ischiasschmerzen zu. Bei der Diagnose von Bandscheibenhernien haben die Abrodil- und Pantopaquemylor-

graphie bereits einen festen Platz. Daneben ziehen aber occulte Fehlbildungen am lumbalen Duralsack und an den Wurzelaschen als Ursache von Kreuz- und Ischiasschmerzen mehr und mehr die Aufmerksamkeit auf sich, zumal auch hier deutliche operative Erfolge zu sehen sind.

Für die Planung der Operation bei occulten Fehlbildungen im Bereich des Lumbalmarks und seiner Wurzeln und für die Operationstechnik ist die Myelographie eine große Hilfe, da Ausdehnung und Lokalisation der occulten Mißbildungen genau erfaßt werden können.

10. Zusammenfassung

Es wurde bei dieser Arbeit der heutige Literaturstand zur Frage der Kontrastdiagnose von occulteren dysraphischen Fehlbildungen im Bereich der Lendenwirbelsäule abgehandelt. Als Arbeitsergebnis stellt sich heraus, daß die Diagnostik von dysraphischen Störungen als Ursache von Ausfallserscheinungen und Schmerzen im Kreuzbereich und im Bereich der unteren Extremität mit Hilfe der Myelographie erhebliche Fortschritte gemacht hat. Die positiven Kontrastmittel Pantopaque und Abrodil sind zur Diagnose occulter spinaler Fehlbildungen dem negativen Kontrastmittel Luft vorzuziehen, da mit ihrer Hilfe auch feine intraspinale Strukturen dargestellt werden können. Durch die Verfeinerung der Technik können Zwischenfälle weitgehend vermieden werden und auch bei Kindern kann die Myelographie fast ohne Risiko durchgeführt werden. Einer exakten Diagnose kommt hier umsomehr Bedeutung zu, als bei myelographisch nachgewiesenen dysraphischen Störungen operativ gute therapeutische Ergebnisse erzielt worden sind.

Literatur

1. Arnell, S.: Weitere Erfahrungen über Myelographie mit Abrodil. *Acta radiol.* 25 (1944) 408
Myelography with water-soluble contrast. *Acta radiol. Suppl.* 75 (1948) Stockholm.
Myelography with Skiodan. *Amer. J. Roentgenol.* 66 (1951) 241.
2. Arnell, S. und Lidström, F.: Myelography with Skiodan (Abrodil) *Acta radiol.* 12 (1931) 287.
3. Baker, G.S. und Webb, J.H.: *Proc. staff meetings, Mayo Clin.* 27 (1952) 231.
4. Bischoff, A.: Die fibrosierende Arachnoiditis. Schweiz. *Arch. Neurol. Psych.* 86 (1960) 1.
5. Bleasel, K.: Nerve root radiography. *Brit. J. Radiol.* 34 (1961) 596.
6. Boccaccio, A. und Sassaroli, S.: Die diagnostische Feststellbarkeit und Deutung einiger spinaler Strukturen bei positiver Kontrastmittel-Myelographie. *Fortschr. Röntgenstr.* 96 (1962) 540.
7. Bonte, G., Delfosse, C., Caron, S. und Delandtsheer, J.M.: Méthode de retrait des huiles iodées fluides utilisées en myélographie. *J. radiol.* 38 (1957) 1121.
8. Borsinger, G.: Die zerebrospinale Lipiodol-resp. Jodipinschädigung und Myelographie. *Diss. med., Zürich* 1945.
9. Brandt, W.: *Lehrbuch der Embryologie.* S. Karger-Verlag Basel 1949.
10. Breit, A. und Wiedenmann, O.: Ergebnisse der Gasmyelographie. *Fortschr. Röntgenstr.* 81 (1954) 761.
11. Büchner, F., Letterer, E. und Roulet, F.: *Handbuch der Pathologie Bd. VI* Springer-Verlag, Berlin 1955.

12. Camp, J.D.: Roentgenologic diagnosis of intraspinal protrusion of intervertebral disc by means of radiopaque oil. *J. Amer. Ass.* 113 (1939) 2024.
Contrastmyelography past and present. *Radiology* 54 (1950) 477
13. Cowie, T.N.: Congenital spinal deformities of surgical importance. *Acta radiol.* 46 (1956) 38.
14. Cramer, H.: Meningocele sacralis ventralis. *Acta neurochir.* 9 (1960) 139.
15. Dandy, W.E.: Loose cartilage from intervertebral disk simulating tumor of the spinal cord. *Arch. Surg.* 19 (1929) 660.
16. De Anquin, C.E.: Spina bifida occulta with engagement of the fifth lumbar spinous process, a cause of low back pain and sciatica. *J. Bone Jt. Surg. (Brit.)* 41-B (1959) 486.
17. Denstadt, T.: The resorption of abrodil in myelography. *Acta radiol.* 32 (1949) 418.
18. Fischer, F.K.: Neue Methoden zur Darstellung von Bandscheibenveränderungen bei Lumbago und Ischias. *Schweiz. med. Wschr.* 79 (1949) 1948.
19. Ford, L.T., Ramsey, R.H. und Holt, E.P.: An analysis of one hundred consecutive lumbar myelograms followed by disk operations for relief of lowback pain and sciatica. *Surgery* 32 (1952) 961
20. Forestier, J., Sicard, A. und Oeconomos, D.: Exploration radiologique des disques intervertébraux par le disco-lipiodol épidural introduit dans la sonde. *Rev. neurol.* 81 (1949) 119.
21. Francescon, M., Braggion, P. und Polvar, G.: Sulla diastematomielia. *Riv. anat. path.* 10 (1955) 149.
22. Fuchs, A.: Über Beziehungen der Enuresis nocturna zu Rudimentärformen der Spina bifida occulta (Myelodysplasie). *Mitt. Ges. inn. Med. Wien Beilage* 9 (1910) 62.
23. Gerlach, J., Müller, H.A. und Spuler, H.: Die verschiedenen Formen der Verdoppelung des Rückenmarks und ihre klinische Bedeutung. *Arch. Psych. Nervenheilk.* 205 (1964) 136.

24. Glogowski, G. und Liebl, H.: Die präoperative Myelographie in der Orthopädie. Zeitschr. Orthop. 88 (1957) 445.
25. Grosjean, M.: A propos de l'emploi du Pantopaque dans les myelographies. J. radiol. 38 (1957) 1053.
26. Grote, W.: Die Myelographie unter besonderer Berücksichtigung der Kontrastdarstellung des lumbalen Spinalraums. Ärztl. Wschr. 10 (39) (1955) 891.
Zur Klinik und Behandlung von Mißbildungen des Rückenmarks und seiner Häute. Med. Welt 11 (1964) 536.
27. Grueter, H.: Untersuchungen des Filum terminale unter besonderer Berücksichtigung bei Spina bifida occulta und Klauenhohlfuß. Acta neurochir. (Wien) 10 (1962) 523.
28. Gryspeerdt, G.L.: Myelographic assessment of occult forms of spinal dysraphism. Acta radiol. (Diagn.) 1 (1963) 702.
29. Hackenbroch, M.: Weitere Erfahrungen mit operativer Behandlung der Spina bifida occulta. Z. Orthop. Chir. 62 (1934) 200.
30. Hadley, L.A.: Bone masses projecting into the spinal canal opposite a break in the neural arch of the fifth lumbar vertebra. J. Bone Surg. 37 A (1955) 787.
31. Haft, H., Weinstein, Ch. E. u. Krueger, G. E.: Larger volume pantopaque lumbar myelography. Radiology 74 (1960) 605.
32. Haggart, E. und Grannis, W.R.: Pantopaque myelography in low back and sciatic pain. Indications and technique. Surg. Chir. N. Amer. (1952) 695.
33. Hamperl, H.: Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und der pathologischen Anatomie. Springer-Verlag, Berlin 1960.
34. Hauge, T.: Myelography in a case of occult form of spinal dysraphism. Acta radiol. (Diagn.) 1 (1963) 718.
35. Hipp, E.: Die diagnostische Bedeutung der Myelographie bei Kreuz- und Ischiasschmerzen. Zeitschr. Orthop. 92 (1960) 25.

36. Hoff, H.,
Fischer, F. und
Thurner, W.: Die Spina bifida lumbosacralis als Krankheits-
ursache in der allgemeinen Praxis.
M. med. Wschr. 94 (1952) 55.
37. Hofmann, A.: Die Bedeutung der Röntgendiagnostik für die
operative Behandlung des Bandscheibenprolaps.
Fortschr. Röntgenstr. 73 (1950) 442.
38. James, C. C. M. u.
Lassman, L. P.: Spinal dysraphism. Arch. Dis. Childh. 35 (1960)
315.
Spinal dysraphism. J. Bone Jt. Surg. 44-B (1962)
828.
A critical survey of 24 cases submitted to
laminectomy. Arch. Dis. Childh. 39 (1964) 125.
39. Krayenbühl, H.: Gibt es Dauerschäden nach Lipiodol-Myelogra-
phie? Zschr. Unfallmed. 34 (1940) 165.
40. Kroll, F. W.: Diskussionsbemerkung: 67. Tagung der Deutschen
Gesellschaft für Chirurgie. Arch. klin. Chir. 267
(1951) 147.
41. Lange, J.: Abrodil myelography in protrusion of the interver-
tebral disk. Acta chir. Scand. 104 (1952) 181.
42. Lange, M.: Orthopädisch-chirurgische Operationslehre.
J. F. Bergmann-Verlag, München 1962.
43. Lemberg, M. K.: Spina bifida und Kreuzschmerz. Arch. Orthop.
Unfallchir. 52 (1961) 622.
44. Lichtenstein, B. W.: Spinal dysraphism. Spina bifida and myelodyspla-
sia. Arch. Neurol. Psychiat. (Chic) 44 (1940) 792.
45. Lindblom, K.: Lumbar myelography by Abrodil. Acta radiol. 27
(1946) 1.
Complications of myelography by Abrodil.
Acta radiol. 28 (1947) 69.
46. Lindgren, E.: Myelographie. In Schinz, Baensch, Friedl,
Uehlinger: Lehrbuch der Röntgendiagnostik
G. Thieme-Verlag, Stuttgart 1952.
47. Löhr, W. und
Jacobi, W.: Eine neue Methode zur Reliefdarstellung des
Zentralnervensystems im Röntgenbild.
Dtsch. Zschr. Nervenhk. 130 (1933) 15.

48. Lönnerblad, L.: Eine Komplikation bei Myelographie.
Acta radiol. 16 (1935) 53.
49. Malis, L., Newman und Wolf: Full-column technique in lumbar disk myelography. Radiology 60 (1953) 19
50. Marburg, O.: Zur Pathologie der Spinalganglien.
Arb. neurol. Inst. Univ. Wien, 8 (1902) 103.
51. Marcovich, A.W., Walker, A.E. und Jessico, C.M.: Früh- und Spätfolgen der Jodölmyelographie.
J. Am. Med. Ass. 116 (1941) 2247.
52. Müller, D.: Spina bifida und extradurales Lipom.
Zbl. Neurochir. 22 (1962) 245.
53. Niederecker, K.: Handbuch der Orthopädie Bd.I
G.Thieme-Verlag, Stuttgart 1961
54. Notter, G.: Lumbalmyelographie mit Abrodil.
Fortschr. Röntgenstr. 76 (1952) 754.
55. Odén, S.: Diagnosis of spinal tumors by means of gas myelography. Acta radiol. 40 (1953) 301.
56. Pia, H.W.: Erweiterungen der Wurzelscheiden im Lumbosacralbereich. Langenb. Arch. klin. Chir. 83 (1959) 183.

Zur Differentialdiagnose der Ischias und Indikation zur orthopädischen Behandlung.
Dtsch.med.Wschr. 84 (1959) 101.
57. Pons, H., Lazorthé und Anduze: Myelographies par produit résorbable.
J. radiol. électrol. 32 (1951) 106.
58. Ramsey, G.G., French, J.D. und Strain, W.H.: Iodinated organic compounds as contrast media for radiographic diagnoses, pantopaque myelography. Radiology 43 (1944) 236.
59. Reinhardt, K. und Panter, K.: Myelographie und Ischias. West-Ost Verlag Saarbrücken 1955, Schriften der Universität des Saarlandes.
60. Rodriguez de Mata, T.: Actas Soc. Chir. (Madrid) 2 (1933) 165.
61. Roiz Noriega, M., u. Vina y Vina, J.L.: Myelographie avec composées iodées aqueux.
J. radiol. électrol. 31 (1950) 452.

62. Rupperecht, A. und Scherzer, E.: Über die positive Myelographie. Wiener klin. Wschr. 74 (1962) 269.
63. Schlegel, K.F.: Handbuch der Orthopädie Bd. II. G. Thieme-Verlag, Stuttgart 1958.
Die Spina bifida, Ursachen und Bedeutung. Beilageheft Zeitschr. Orthop. 91 (1959).
Die operative Behandlung der Spina bifida occulta bei direkten Fernsymptomen an den unteren Gliedmaßen. Acta neurochir. (Wien) 8 (1960) 495.
64. Schwidde, T.: Spina bifida. Survey of two hundred twenty-five encephaloceles meningoceles and myelomeningocele. Amer. J. Dis. Child. 84 (1952) 35.
65. Seaman, W.B. und Schwartz, H.G.: Diastematomyelia in adults. Radiology 70 (1958) 692.
66. Shipp, F.: Technique and value of myelography. J. Amer. Med. Assoc. 151 (1953) 185.
67. Simons, A.: Diskussion zum Vortrag von Levy-Dorn: Diagnostik der Veränderung des Schädels und der Wirbelsäule. Berlin, klin. Wschr. 37 (1912) 1778.
68. Smith, F.P., Pitts, F.R. und Rogoff, S.M.: Cinemyelography. J. Neurosurg. 17 (1960) 1112.
69. Starck, D.: Embryologie, Lehrbuch auf allgemein biologischer Grundlage. G. Thieme-Verlag, Stuttgart 1965.
70. Steinbach, H.L. u. Hill, W.B.: Pantopaque pulmonary embolism during myelography. Radiology 56 (1951) 735.
71. Swedberg, M.: Meningo- and myelomeningocele studied by gas myelography. Acta radiol. (Diagn.) 1 (1963) 796.
72. Tainter, E.G. und Grayson, C.E.: Large volume myelography. Ann. New York Acad. Science 78 (1959) 956.
73. Tarlow, J.M.: Myelography to help localize fraction lesions of the brachial plexus. Amer. J. Surg. 88 (1954) 266.

74. Themel, K.: Jodipinschäden nach Myelographie.
Zbl. Chir. 77 (1952) 1508.
75. Thöndury, G.: Fehlbildungen der Wirbelsäule.
Hippokrates-Verlag, Stuttgart 1959.
76. Trucci, O.: La mielographia con piccola bolla gassosa.
Radiologica (Rom) 15 (1959) 335.
77. Uthgenannt, H.: Die Bedeutung der Abrodil-Myelographie in
der Ischiasdiagnostik. Fortschr. Röntgenstr.
73 (1950) 762.
78. Viviani, R.,
Zanetti, F. und
Cavina, C.: Tentativi di mielographia opache con preparato
solubile: Abrodil. Ref. Z. org. ges. Chir. 62
(1933) 96.
79. Weber, E.: In Oborniedermeier, A.: Lehrbuch der Chi-
rurgie des Kindesalters Bd. II.
Springer-Verlag, Berlin 1959.
80. Wellauer, J.: Die Myelographie mit positiven Kontrastmit-
teln. G. Thieme-Verlag, Stuttgart 1961.
81. Wengrovitz, P.H.: Züricher Erfahrungen an 1525 lumbalen Myelo-
graphien mit wasserlöslichen Kontrastmitteln.
Diss. Zürich 1957.
82. Woringer, E. und
Langs, A.: La myélographie au Kontrast U Léo moyen de
diagnostic de la sciatique discale.
J. radiol. électrol. 31 (1950) 450.
83. Woringer, E.,
Thomatske, G. und
Baumgartner, J.: Die Myelographie mit wasserlöslichem Kon-
trastmittel in der Diagnose des lumbosacralen
Bandscheibenprolapses.
Nervenarzt 27 (1956) 547.
84. Zehnder, M.: Späterscheinungen bei Spina bifida occulta
lumbosacralis. Helv. Chir. Acta 14 (1947)
462.
85. Zsebök, Z.: "Joduron"-Myelographie. Fortschr. Röntgenstr.
82 (1955) 501.

L e b e n s l a u f

Ich, Wolfgang Küßwetter, wurde am 27. Juli 1940 in München als Sohn des Forstmeisters Georg Küßwetter und seiner Ehefrau Marion, geb. Edenhöfer, geboren. Das Abitur bestand ich im Sommer 1959 an der Oberrealschule München-Pasing. Ab Wintersemester 1959/60 studierte ich in München Medizin. Nachdem ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung im Oktober 1961 und die ärztliche Vorprüfung im Mai 1963 in München abgelegt hatte, studierte ich im Wintersemester 1963/64 in Innsbruck. Anschließend kehrte ich nach München zurück, wo ich im Frühjahr 1966 mein Staatsexamen begann, das ich am 22. 6. 1966 bestand.

